

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**PENERAPAN *DEEP LEARNING* MENGGUNAKAN  
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DENGAN  
ARSITEKTUR *RESNET* UNTUK KLASIFIKASI COVID-19**

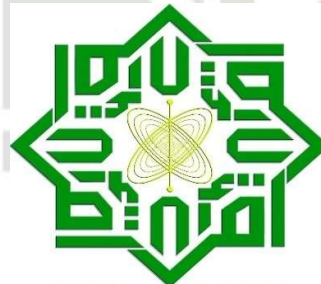
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh

**DIMAS REYNALDI D.S**

**11651103363**



UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM**

**PEKANBARU**

**2021**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENERAPAN DEEP LEARNING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR RESNET UNTUK KLASIFIKASI COVID-19

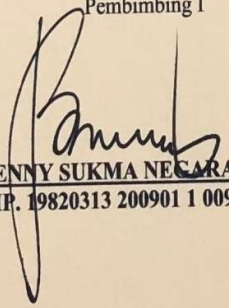
#### TUGAS AKHIR

Oleh

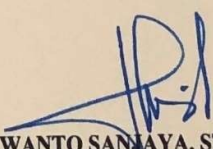
**DIMAS REYNALDI D.S**  
**11651103363**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir  
di Pekanbaru, pada tanggal 12 Juli 2021

Pembimbing I

  
**BENNY SUKMA NEGARA, MT.**  
**NIP. 19820313 200901 1 009**

Pembimbing II

  
**SUWANTO SANJAYA, ST., M.Kom.**  
**NIK. 130 517 103**

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENERAPAN DEEP LEARNING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR RESNET UNTUK KLASIFIKASI COVID-19 TUGAS AKHIR

Oleh

**DIMAS REYNALDI D.S**  
**11651103363**

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 12 Juli 2021

Pekanbaru,  
Mengesahkan,  
Ketua Jurusan,

**Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom.**  
**NIP. 19810523 200710 2 003**



### DEWAN PENGUJI

Ketua : Muhammad Irsyad, ST., MT.  
Pembimbing I : Benny Sukma Negara, MT.  
Pembimbing II : Suwanto Sanjaya, ST., M.Kom.  
Penguji I : Jasril, S.Si., M.Sc.  
Penguji II : Nazruddin Safaat H., MT.



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of

State Islamic University of

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan izin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya ilmiah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 23 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

**DIMAS REYNALDI D.S**

**11651103363**

### Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirabbil 'alamin*

*Dengan mengucapkan syukur pada Allah subhanallah wa ta'ala, telah kuselesaikan Tugas Akhir ini...*

*Bismillahirrahmanirrahim..*

*~Kupersembahkan Tugas Akhir Ku Ini Untuk~*

*Kedua Orang Tua Ku Tercinta...*

*Kakak Ku Tercinta...*

*Adik Ku tercinta*

*Serta,*

*Keluarga, Kerabat dan Teman-Teman terdekat ku...*

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



# PENERAPAN DEEP LEARNING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR RESNET UNTUK KLASIFIKASI COVID-19

**DIMAS REYNALDI D.S**  
**11651103363**

Tanggal Sidang: 18 Juni 2021

Periode Wisuda: Februari 2022

Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

## ABSTRAK

Virus COVID-19 menyebar cepat ke seluruh dunia. Salah satu cara untuk mendeteksi virus COVID-19 dengan menggunakan Teknik radiografi dengan citra x-ray. Penelitian ini menggunakan Deep learning sebagai metode pengenalan citra dengan arsitektur CNN. Citra x-ray terbagi 2 kelas yaitu COVID-19 dan normal berjumlah 2562. Citra x-ray COVID-19 menerapkan preprocessing *Histogram Equalization* (HE). Model pelatihan menggunakan CNN dengan arsitektur Resnet-101. Pengaturan *batch size* 25 dan 50. Pembagian data menggunakan Split data dengan ukuran yaitu 90% training, 10% testing, 80% training, 20% testing dan 70% training, 30% testing. Berdasarkan nilai confusion matrix akurasi, sensitivitas dan spesifisitas tertinggi ada di Batch size 25, epoch 50 dan data original dengan nilai sebesar 100%.

**Kata Kunci:** COVID-19, *Computer Vision*, *Convolutional Neural Network* (CNN), *Deep Learning*, *ResNet*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



# IMPLEMENTATION OF DEEP LEARNING USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK WITH RESNET ARCHITECTURE FOR COVID-19 CLASSIFICATION

**DIMAS REYNALDI D.S**  
**11651103363**

Date of Final Exam: Juni 18<sup>th</sup>, 2021

Graduation Ceremony Period: February 2022

Informatics Engineering Departement

Faculty of Science and Technology

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

## ***ABSTRACT***

The COVID-19 virus is spreading rapidly around the world. One way to detect the COVID-19 virus is by using radiographic techniques with x-ray images. This study uses Deep learning as an image recognition method with CNN architecture. X-ray images are divided into 2 classes, namely COVID-19 and 2562 normal. The COVID-19 x-ray images apply Histogram Equalization (HE) preprocessing. The training model uses CNN with Resnet-101 architecture. Setting batch size 25 and 50. Data sharing uses Split data with sizes that are 90% training, 10% testing, 80% training, 20% testing and 70% training, 30% testing. Based on the confusion matrix value, the highest accuracy, sensitivity and specificity are in Batch size 25, epoch 50 and the original data with a value of 100%.

**Keywords:** COVID-19, Computer Vision, Convolutional Neural Network (CNN), Deep Learning, ResNet

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## KATA PENGANTAR

*Assalammu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

*Alhamdulillah rabbil'alamin*, tak henti-hentinya penulis ucapkan kehadiran Tuhan yang tiada Tuhan selain Dia, Allah *subhanallah wa ta'ala* yang dengan rahmat dan hidayahNya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik yang berjudul “Penerapan Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur Resnet Untuk Klasifikasi COVID-19”. Tidak lupa dan tak akan pernah lupa bershalawat kepada Nabi dan RasulNya, Nabi Muhammad *shalallahu 'alaihi wasalam* yang hanya menginginkan keimanan dan keselamatan bagi umatnya dan sangat belas kasihan lagi penyayang kepada orang mukmin.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan pada jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, baik berupa bantuan materi ataupun berupa motivasi dan dukungan kepada penulis. Semua itu tentu terlalu banyak bagi penulis untuk membalasnya, namun pada kesempatan ini penulis hanya dapat mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Khairunas Rajab, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Hartono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
3. Ibu Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
4. Bapak Novriyanto, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing akademik yang telah memberikan nasehat selama perkuliahan
5. Bapak Benny Sukma Negara, S.T., MT. dan Bapak Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu meluangkan waktu, memberikan ilmu, nasehat, saran, serta sabar membimbing penulis hingga tugas akhir ini selesai.

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lain yang tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya;
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Bapak Jasril, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan saran demi kemajuan dan penyempurnaan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Bapak Nazruddin Safaat H., MT. selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan saran demi kemajuan dan penyempurnaan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Seluruh Dosen Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang banyak memberikan ilmunya dan arahan selama perkuliahan. Semoga ilmu yang bapak dan ibu berikan bermanfaat bagi penulis dan seluruh mahasiswa, Aamiin.
9. Khususnya untuk kedua orang tua Ibunda Ismulyati dan syukur kadimin yang telah memberikan doa yang tulus, semangat, kasih sayang, mendidik, dan seluruh kebaikan yang selalu diberikan sehingga telah sampai pada tahap ini. Semoga selalu sehat dan semoga Allah membalas semua kebaikan Ayahanda dan Ibunda kelak, Aamiin.
10. Seluruh teman-teman TIF C 2016 dan TIF 2015 yang selalu menemani, memberi semangat, dan membantu ku selama perkuliahan. Semoga kita semua sukses, silaturahmi kita tetap terjalin, Aamiin.
11. Seluruh pihak yang belum penulis cantumkan, terima kasih atas dukungan baik material maupun spiritual.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan laporan ini. Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya. Amin.

*Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh*

Pekanbaru, 23 Juli 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

EMBAR PERSETUJUAN.....	ii
EMBAR PENGESAHAN .....	iii
EMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
EMBAR PERNYATAAN .....	v
EMBAR PERSEMBAHAN .....	vi
BSTRAK .....	vii
BSTRACT .....	viii
ATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR RUMUS .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
1.1 Latar belakang .....	I-1
1.2 Rumusan masalah.....	I-3
1.3 Batasan masalah .....	I-3
1.4 Tujuan penelitian .....	I-3
1.5 Sistematika penulisan .....	I-4
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1 COVID-19 .....	II-1
2.2 Citra <i>grayscale</i> .....	II-2
2.3 Pengolahan citra .....	II-3
2.3.1 <i>Image Enhancement</i> .....	II-3
2.3.2 <i>Histogram Equalization (HE)</i> .....	II-3
2.4 <i>Artificial Intelligence</i> .....	II-6
2.5 <i>Machine learning</i> .....	II-7
2.6 <i>Deep Learning</i> .....	II-8
2.7 <i>Artificial Neural Network</i> .....	II-10
2.8 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> .....	II-13
2.8.1 <i>Feature Learning</i> .....	II-14

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya ilmiah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.8.2	<i>Classification</i> .....	II-20
2.8.3	Evaluasi Model.....	II-22
2.8.4	CNN Architecture .....	II-24
2.9	<i>Split Validation</i> .....	II-27
2.10	Penelitian terkait .....	II-27
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1	Pengumpulan Data.....	III-1
3.2	<i>Preprocessing</i> .....	III-2
3.3	<i>Split Validation</i> .....	III-2
3.4	Tahapan perancangan arsitektur <i>ResNet101</i> .....	III-2
3.5	Pengujian .....	III-4
3.6	Kesimpulan.....	III-5
BAB IV	ANALISA DAN PERANCANGAN.....	IV-1
4.1	Analisa .....	IV-1
4.1.1	Analisa Kebutuhan Data .....	IV-1
4.1.2	Analisa Persiapan Data .....	IV-7
4.1.3	Analisa Kebutuhan Library Python.....	IV-7
4.1.4	Analisa Klasifikasi Resnet-101 .....	IV-8
4.2	Perancangan.....	IV-16
4.2.1	<i>Pseudocode Input Data</i> .....	IV-16
4.2.2	<i>Pseudocode Histogram Equalization (HE)</i> .....	IV-17
4.2.3	<i>Pseudocode Pelabelan Data</i> .....	IV-17
4.2.4	<i>Pseudocode Hyperparameter</i> .....	IV-17
4.2.5	<i>Pseudocode Feature Engineering</i> .....	IV-17
4.2.6	<i>Pseudocode Load model Resnet-101</i> .....	IV-17
4.2.7	<i>Pseudocode Evaluasi Confusion matrik</i> .....	IV-17
4.2.8	Skenario Eksperimen .....	IV-18
BAB V	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN .....	V-1
5	Implementasi .....	V-1
5.1.1	Batasan Implementasi .....	V-1
5.1.2	Bahan dan Peralatan Implementasi .....	V-1
5.1.3	Implementasi model <i>ResNet 101</i> .....	V-2



5.2 Pengujian .....	V-5
AB VI PENUTUP .....	VI-1
6.1 Kesimpulan.....	VI-1
6.2 Saran .....	VI-1
AFTAR PUSTAKA .....	vii
AMPELAN A .....	vii
AMPELAN B .....	xl
AFTAR RIWAYAT HIDUP .....	lxxiii

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:		
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan k		
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.		
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S		
<b>Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang</b>		
<b>© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau</b>		
Gambar 2. 1 Normal COVID-19.....	II-2	
Gambar 2. 2 Positif COVID-19 .....	II-2	
Gambar 2. 3 Citra <i>Grayscale</i> dengan Nilai Piksel antara 0 sampai 255 .....	II-2	
Gambar 2. 4 Penerapan konsep kecerdasan buatan di computer .....	II-7	
Gambar 2. 5 Proses Umum <i>Deep Learning</i> .....	II-9	
Gambar 2. 6 <i>Deep Learning Classification</i> .....	II-9	
Gambar 2. 7 Struktur <i>Artificial Neural Network</i> .....	II-10	
Gambar 2. 8 Bagian Layer <i>Neural Network</i> .....	II-12	
Gambar 2. 9 <i>Single Layer</i> .....	II-12	
Gambar 2. 10 <i>Multi Layer</i> .....	II-13	
Gambar 2. 11 Proses <i>convolutional neural network</i> .....	II-14	
Gambar 2. 12 Filter .....	II-15	
Gambar 2. 13 a.stride = 1 dan b.stride = 2 .....	II-15	
Gambar 2. 14 a padding = 1 dan b padding = 2 .....	II-16	
Gambar 2. 15 operasi convolution pada sebuah gambar.....	II-16	
Gambar 2. 16 <i>downsampling Average-pooling</i> dengan 2 stride .....	II-18	
Gambar 2. 17 <i>Sigmoid Activation function</i> .....	II-18	
Gambar 2. 18 <i>Tanh Activation function</i> .....	II-19	
Gambar 2. 19 <i>Relu Activation function</i> .....	II-19	
Gambar 2. 20 koneksi antara <i>convolution layer</i> dan <i>fully connected layer</i> .....	II-21	
Gambar 2. 21 <i>Confusion matrix</i> .....	II-23	
Gambar 2. 22 building block Resnet.....	II-24	
Gambar 2. 23 Urutan Resnet101 .....	II-26	
Gambar 2. 24 A. <i>Convolutional block</i> dan B. <i>Identity blok</i> .....	II-27	
Gambar 2. 25 Contoh pembagian data pada penelitian ini .....	II-27	
Gambar 2. 26 Proses Convulasi .....	IV-9	
Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian .....	III-1	
Gambar 3. 2 Kelas COVID-19.....	III-1	
Gambar 3. 3 Arsitektur ResNet101 .....	III-2	





1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:	
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis	
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.	
2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.	
Gambar 4. 1 gambar citra x-ray covid-19 dan normal .....	IV-1
Gambar 4. 2 gambar citra HE x-ray covid-19 dan normal.....	IV-2
Gambar 4. 3 histogram citra asli .....	IV-3
Gambar 4. 4 Histogram citra hasil <i>histogram equalization</i> .....	IV-6
Gambar 4. 5 <i>Matrix</i> hasil <i>Histogram Equalization</i> (HE) .....	IV-10
Gambar 4. 6 <i>Zero padding</i> .....	IV-10
Gambar 4. 7 <i>feature map</i> berukuran 112 x 112 sebanyak 64x .....	IV-10
Gambar 4. 8 <i>feature map</i> berukuran 56 x 56 sebanyak 64x.....	IV-11
Gambar 4. 9 <i>feature map</i> berukuran 56 x 56 sebanyak 64x.....	IV-12
Gambar 4. 10 <i>feature map</i> berukuran 56 x 56 sebanyak 256x.....	IV-13
Gambar 4. 11 <i>feature map</i> berukuran 28 x 28 sebanyak 128x.....	IV-13
Gambar 4. 12 <i>feature map</i> berukuran 28 x 28 sebanyak 512x.....	IV-14
Gambar 4. 13 <i>feature map</i> berukuran 14 x 14 sebanyak 256x.....	IV-14
Gambar 4. 14 <i>feature map</i> berukuran 14 x 14 sebanyak 1024x.....	IV-15
Gambar 4. 15 <i>feature map</i> berukuran 7 x 7 sebanyak 512x.....	IV-16
Gambar 4. 16 <i>feature map</i> berukuran 7 x 7 sebanyak 2048x.....	IV-16
Gambar 4. 17 array 1 dimensi berukuran 1x150.528 .....	IV-16
Gambar 5. 1 <i>Import Library</i> .....	V-2
Gambar 5. 2 <i>Data Directory</i> .....	V-2
Gambar 5. 3 Pelabelan data.....	V-3
Gambar 5. 4 <i>Hyperparameter</i> .....	V-3
Gambar 5. 5 <i>Load Model Resnet-101</i> .....	V-4
Gambar 5. 6 Evaluasi <i>confusion matrix</i> .....	V-4
Gambar 5. 7 Grafik Akurasi.....	V-5
Gambar 5. 8 Hasil Confusion Matrix .....	V-6

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Citra array ukuran 10 x 10 .....	II-4
Tabel 2.2 Tabel perhitungan <i>histogram equalization</i> .....	II-5
Tabel 2.3 Citra hasil <i>histogram equalization</i> array ukuran 10 x 10.....	II-5
Tabel 2.4 <i>Convolutional Block Resnet</i> .....	II-25
Tabel 2.5 Penelitian Terkait .....	II-27
Tabel 4.1 data original.....	IV-1
Tabel 4.2 Data HE.....	IV-2
Tabel 4.3 nilai pixel dari grayscale Original.....	IV-2
Tabel 4.4 pixel dan nilai histogram.....	IV-3
Tabel 4.5 Tabel perhitungan <i>histogram equalization</i> .....	IV-5
Tabel 4.6 hasil pixel <i>histogram equalization</i> .....	IV-6
Tabel 4.7 <i>Library python</i> .....	IV-7
Tabel 4.8 Skenario eksperimen .....	IV-18
Tabel 5.1 Hasil keseluruhan pengujian .....	V-7

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 2.1 <i>Histogram Equalization (HE)</i> .....	II-3
Rumus 2.2 <i>Neural Network</i> .....	II-12
Rumus 2.3 <i>Convolutional Layer</i> .....	II-17
Rumus 2.4 <i>Sigmoid</i> .....	II-18
Rumus 2.5 <i>Tanh</i> .....	II-19
Rumus 2.6 <i>Relu</i> .....	II-19
Rumus 2.7 <i>Bobot</i> .....	II-21
Rumus 2.8 <i>softmax activation function</i> .....	II-22
Rumus 2.9 <i>Akurasi</i> .....	II-23
Rumus 2.10 <i>Sensitivity</i> .....	II-23
Rumus 2.11 <i>Specitivity</i> .....	II-24





## BAB I PENDAHULUAN

### 1 Latar belakang

COVID-19 merupakan virus mematikan yang menyebar cepat. COVID-19 mulai menyebar di Cina dan kemudian tersebar ke seluruh dunia pada tahun 2020 dan menjadi masalah kesehatan serius di seluruh dunia (Maguolo & Nanni, 2020). *World Health Organization* (WHO) mengeluarkan berita pada tanggal 11 Maret 2020, secara resmi menandai penyebaran global yang sangat cepat yaitu COVID-19 sebagai pandemi (World Health Organization (WHO), 2020). COVID-19 menjadi pandemi global dalam waktu kurang dari empat bulan sejak pertama kali dilaporkan. Menurut data terbaru, jumlah kasus yang dikonfirmasi di seluruh dunia mencapai 38,375,848 di mana 1,091,046 meninggal (Worldometers, 2020).

Metode untuk mendeteksi COVID-19 menggunakan uji molekuler seperti *Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR) (World Health Organization (WHO), 2020). Namun, harga alat metode tersebut sangat mahal dan waktu untuk memeriksa pada metode RT-PCR memiliki rentang waktu antara 1-2 jam atau dua hari dan sangat mungkin hasil yang didapatkan sangat lama, jika kapasitas laboratorium yang dipakai untuk memeriksa sampel tidak cukup untuk menampung lagi (Wang & Wong, 2020). Seiring dengan meningkatnya jumlah pasien yang memiliki gejala COVID-19 serta terbatasnya alat pengujian dan kapasitas laboratorium, menyebabkan tenaga kesehatan mengalami kesulitan dalam menangani bertambahnya pasien COVID-19, maka perlu menggunakan metode alternatif yang cepat dan memiliki akurasi yang tinggi untuk mencegah COVID-19 menyebar cepat di antara manusia.

Saat ini perkembangan ilmu komputer juga diterapkan pada bidang medis, salah satunya adalah *computer vision* menggunakan *deep learning*. Arsitektur *deep learning* banyak digunakan untuk mengenali citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN bisa digunakan untuk fitur ekstraksi, mengolah data yang berdimensi tinggi, dan performa yang dimiliki sangat bagus untuk mengatasi masalah klasifikasi citra (Ji et al., 2013).

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Penelitian terkait yang menggunakan CNN untuk klasifikasi citra *x-ray* COVID-19 yang sebelumnya telah dilakukan, diantaranya penelitian yang sudah dilakukan (Sethy et al., 2020). CNN yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu arsitektur resnet50 plus SVM. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa model klasifikasi resnet50 plus SVM mencapai akurasi 95,38% dan sensitivitas 95,52%. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (El Asnaoui & Chawki, 2020). Pada penelitian tersebut CNN yang digunakan yaitu arsitektur InceptionresnetV2, Resnet50, Mobilenet\_V2, Inception\_V3, VGG16, VGG19. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa model klasifikasi InceptionresnetV2 mengungguli arsitektur lain dengan akurasi 92,18% dan sensitivitas 92,11%.

Penelitian yang menggunakan metode preprocessing *Histogram Equalization* (HE) dan menggunakan CNN untuk klasifikasi citra yang sebelumnya telah dilakukan oleh (Jang et al., 2017). Pada penelitian tersebut CNN yang digunakan yaitu modifikasi CNN dengan memiliki 6 weight layer, terdiri dari 4 convolution dan 2 fully-connected layers. Penelitian tersebut melakukan perbandingan akurasi penggunaan *Histogram Equalization* (HE) pada citra dan tanpa menggunakan *Histogram Equalization* (HE) pada citra. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan *Histogram Equalization* (HE) pada citra memiliki kinerja yang relatif tinggi, dengan peningkatan dari 98,83% menjadi 99,8%.

Penelitian yang menggunakan arsitektur *ResNet-101* yang telah dilakukan oleh (Ardakani et al., 2020). Penelitian tersebut melakukan klasifikasi citra COVID-19. Citra yang digunakan adalah CT-Scan. CNN yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu arsitektur AlexNet, ResNet-50, VGG-16, SqueezeNet, ResNet-18, GoogleNet, VGG-19, MobileNetV2, ResNet-101 dan Xception. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *ResNet-101* mengungguli arsitektur lain dengan nilai AUC 0,994 (sensitivitas 100%, spesifisitas 99,02%, akurasi 99,51%).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian tugas akhir ini akan melakukan eksperimen yaitu penerapan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur *ResNet-101*, dengan penambahan *Histogram Equalization* (HE) untuk mengklasifikasikan citra *x-ray* COVID-19 berukuran 224x224 pixel. Citra *x-ray* dipilih sebagai bahan experiment tugas akhir ini karena citra *x-ray* mudah didapatkan dan waktu training model lebih singkat dibandingkan citra CT

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S





scan (Das et al., 2020) dan menurut (Saiz & Barandiaran, 2020) nilai rata-rata akurasi citra x-ray 93,628% sedangkan CT-Scan nilai rata-rata akurasi 86,6%. Selanjutnya citra *x-ray* dilakukan *resizing* berukuran 224x224 yang bertujuan untuk mengurangi waktu komputasi dan meminimalkan waktu kerja CPU (Das et al., 2020). Selanjutnya citra *x-ray* dilakukan preprocessing *Histogram Equalization* (HE). Menurut (RIZAL et al., 2020) diperlukan sebuah metode preprocessing citra agar model CNN lebih mengenali citra lebih baik lagi dan menurut (Li et al., 2019) metode preprocessing *Histogram Equalization* (HE) pada citra dapat meningkatkan akurasi pada model CNN dan mengurangi kesalahan pengenalan citra yang disebabkan oleh perubahan kondisi pencahayaan. Proses klasifikasi citra x-ray COVID-19 menggunakan *ResNet-101* karena berdasarkan penelitian (Ardakani et al., 2020) *ResNet-101* menghasilkan akurasi yang lebih bagus yaitu akurasi sebesar 99,51% dibandingkan dengan akurasi ResNet-50 sebesar 98.33%.

## 1.2 Rumusan masalah

Berikut rumusan masalah yang didapatkan berlandaskan latar belakang diatas yaitu:

1. Bagaimana mengetahui hasil akurasi menggunakan preprocessing *Histogram Equalization* (HE) pada citra untuk klasifikasi citra *x-ray* COVID-19, menggunakan arsitektur ResNet-101
2. Bagaimana hasil akurasi menggunakan tanpa preprocessing *Histogram Equalization* (HE) pada citra untuk klasifikasi citra *x-ray* COVID-19, menggunakan arsitektur ResNet-101

## 1.3 Batasan masalah

Pada penelitian ini batasan masalah akan ditentukan supaya jangkauanya tidak melenceng dari yang sudah direncanakan atau tidak meluas. Berikut batasan masalah yang telah ditentukan penelitian ini adalah:

1. Dataset yang dipakai adalah public dataset sebesar 2562 gambar, tanpa augmentasi data lanjutan.
2. Klasifikasi COVID-19 dibagi 2 kelas kategori yaitu Normal dan Positif
3. Klasifikasi memanfaatkan Arsitektur *ResNet101*.

## 1.4 Tujuan penelitian

Adapaun tujuan yang ingin diraih pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kreatifitas, dan untuk kepentingan umum.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S





2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Mengetahui tingkat akurasi yang didapatkan dari hasil klasifikasi citra *x-ray* COVID-19 menggunakan arsitektur *ResNet-101* dengan melakukan preprocessing *Histogram Equalization* (HE).
2. Mengetahui akurasi yang diperoleh dari klasifikasi citra *x-ray* COVID-19 menggunakan arsitektur *ResNet-101* tanpa melakukan preprocessing *Histogram Equalization* (HE).

## 5. Sistematika penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini memiliki aturan penulisan antara lain:

### Bab I Pendahuluan

Bagian ini berisi tentang pemaparan umum tugas akhir yang terdiri dari Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian dan Sistematika Penulisan.

### Bab II Landasan Teori

Pada bagian ini berisi tentang penjelasan-penjelasan teori-teori yang mendukung terhadap penerapan metode. Teori tersebut antara lain adalah *Artificial Intelligence*, *Deep Learning*, *Machine Learning*, *Citra Grayscale*, *Image Classification*, *CNN Architecture*, *Image Classification*, *Citra Digital*, *Convolutional Neural Network* (CNN), *Confussion Matrix*, *Coronavirus* dan penelitian terkait.

### Bab III Metodologi Penelitian

Pada bagian ini menjelaskan mengenai pembahasan tentang tahapan yang akan digunakan pada penelitian ini. Tahapan tersebut yang akan digunakan adalah pengumpulan data, preprocessing, deep learning, evaluasi dan analisis, kesimpulan

### Bab IV Analisa dan Perancangan

Pada bagian ini menjelaskan tentang analisa dan perancangan penerapan metode CNN yang dipakai sebagai dasar tahapan implementasi.

### Bab V Implementasi dan Pengujian

Pada bagian ini menjelaskan mengenai penerapan metode CNN terhadap data yang meliputi tahapan pengujian yang dihasilkan dari tahapan implementasi yang sudah dibangun.



## Bab VI Penutup

Pada bagian ini menjelaskan tentang hasil kesimpulan dan saran penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 1 COVID-19

COVID-19 merupakan keluarga dari *Coronavirus*. *Coronavirus* merupakan virus RNA yang berukuran partikelnya sebesar 120-160 nm. Virus ini biasanya menginfeksi hewan, contoh pada umumnya menginfeksi kelelawar dan unta. Pandemi COVID-19 saat ini semuanya berasal dari keluarga Coronavirus. COVID-19 lebih mematikan dan berbahaya daripada virus corona lainnya karena memiliki waktu dua minggu inkubasi tanpa ada terjadi gejala klinis. Gejala klinis COVID-19 seperti demam tinggi, batuk kering, kelelahan, sesak napas, pegal linu, perih tenggorokan dan sangat sedikit orang melaporkan gejala diare, mual atau pilek (Yang et al., 2020).

Tingkat kematian akibat SARS dan MERS lebih tinggi dari COVID-19 namun, penyebarannya terbatas di beberapa negara, sedangkan COVID-19 mempengaruhi lebih dari dua ratus negara di seluruh dunia (Susilo et al., 2020). Hampir sekitar 80% dari kebanyakan orang, bisa pulih dari penyakit ini tanpa perlu perawatan medis di rumah sakit. Orang tua mempunyai masalah medis yang berbahaya seperti masalah jantung dan paru-paru, tekanan darah tinggi, kanker dan diabetes, memiliki risiko serius terkena penyakit lebih tinggi. Namun, semua orang dapat tertular COVID-19 tidak pandang bulu. (Rubin et al., 2020).

Standar diagnosis dan deteksi COVID-19 menggunakan alat yaitu *Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR) (World Health Organization (WHO), 2020). Alat tersebut melakukan pengambilan sampel pada saluran pernapasan melalui nasopharyngeal atau oropharyngeal. Meskipun sensitivitas dan akurasi tinggi dari teknik PCR, metode ini sangat memakan waktu dan sumber daya (Rubin et al., 2020). Alat skrining diperlukan untuk wabah COVID-19. Sebagai alternatif dari teknik PCR, para peneliti telah mengusulkan penggunaan teknik radiografi tersebut sebagai pemindaian *Computed Tomography* (CT) dan *chest x-ray* (CXR) untuk skrining COVID-19. Hasil tes pencitraan, berkaitan dengan hasil klinis yang dapat ditindaklanjuti baik untuk menegakkan diagnosis atau untuk memandu manajemen, triase, atau terapi.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kreatifitas, dan untuk kepentingan umum.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Menurut penelitian (Wang & Wong, 2020), gambar citra x-ray penderita COVID-19 diklasifikasikan ke dalam dua tipe yaitu

1. Normal yaitu gambar paru-paru yang jernih tanpa zona kekeruhan *ground-glass opacity* abnormal dan tanpa bercak.



Gambar 2. 1 Normal COVID-19

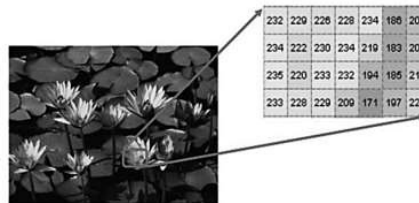
2. Positif yaitu gambar paru-paru telah muncul bercak putih di antara kedua sisi yang semakin jelas, tak lagi bersih dan mulai menutupi daerah dada seutuhnya.



Gambar 2. 2 Positif COVID-19

## 2.2 Citra grayscale

*Grayscale* merupakan citra yang memiliki graylevel sebagai nilai dari setiap pixelnya. Sedangkan nilai graylevel merupakan suatu tingkatan warna abu-abu dari sebuah pixel, bisa dikatakan juga suatu tingkatan cahaya dari sebuah pixel. (Pulung Nurtantio Andono, T.Sutojo, 2017)



Gambar 2. 3 Citra *Grayscale* memiliki rentang nilai piksel diantara 0 sampai 255



## 2.3 Pengolahan citra

Pengolahan citra adalah proses untuk memperbaiki kualitas suatu citra menjadi citra lain untuk tujuan tertentu. Sejumlah teknik yang dilakukan di dalam pengolahan citra secara umum, antara lain, perbaikan kualitas citra (*image enhancement*), pemampatan citra (*image compression*), pengorakan citra (*image analysis*), rekonstruksi citra (*image reconstruction*), restorasi citra (*image restoration*), pemampatan citra (*image compression*) (Munir, 2004).

### 2.3.1 Image Enhancement

*Image enhancement* dipakai untuk mengubah tingkat kualitas pada suatu citra digital, yang bertujuan untuk menonjolkan bagian-bagian tertentu dalam citra tersebut atau digunakan untuk memperbaiki bagian tampilan. Salah satu metode *Image enhancement* citra yaitu perataan histogram (*histogram equalization*) (Sutoyo et al., 2009).

### 2.3.2 Histogram Equalization (HE)

Menurut (Batchelor, 2018) *Histogram Equalization* (HE) merupakan metode pengolahan citra yang menggunakan histogram dari suatu citra untuk memperbaiki tingkatan kecerahan suatu citra. Dilakukan *Histogram Equalization* (HE) memiliki tujuan yaitu untuk menghasilkan penyebaran histogram yang merata pada suatu citra, (Munir, 2004)

Rumus perhitungan dari citra original ke citra hasil *Histogram Equalization* (HE) menurut (Shih, 2010) sebagai berikut :

$$S_k = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_{rj} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$S_k$  = nilai output pixel hasil transformasi histogram equalization

$k$  = nilai pixel awal grayscale

$N_{rj}$  = Jumlah probabilitas setiap pixel grayscale

$MN$  = Ukuran citra input

$L$  = Nilai maximum grayscale

1. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya ilmiah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



Adapun contoh pada tabel 2.1 , memiliki input citra array yang berukuran 10x10 piksel yang memiliki 8 derajat keabuan dengan rentang ukuran nilai (0, 7) :

Tabel 2.1 Citra array ukuran 10 x 10

7	1	6	0	6	4	6	3	3	7
3	0	0	5	3	0	4	5	2	4
4	1	1	0	3	0	3	5	0	0
3	4	4	7	6	2	0	0	1	2
3	6	0	6	2	5	7	2	1	6
6	7	4	0	2	0	7	4	4	2
7	3	2	6	6	7	5	5	5	2
1	0	4	6	2	6	3	0	0	4
4	5	2	2	3	3	3	0	6	1
4	6	0	3	2	5	1	6	0	1

Tabel 2.1 memiliki derajat maksimu keabuan nya bernilai 8 dan total pixel nya bernilai 100, maka digunakan persamaan (2.1)

$$Sk = \frac{7}{100} \sum_{j=0}^k n_{rj}$$

Langkah perhitungannya sebagai berikut

$$Sk(0) = \frac{7}{100} \times 19 = 1,33$$

$$Sk(1) = \frac{7}{100} \times (19 + 9) = 1,96$$

$$Sk(2) = \frac{7}{100} \times (19 + 9 + 13) = 2,87$$

$$Sk(3) = \frac{7}{100} \times (19 + 9 + 13 + 14) = 3,85$$

$$Sk(4) = \frac{7}{100} \times (19 + 9 + 13 + 14 + 13) = 4,76$$

$$Sk(5) = \frac{7}{100} \times (19 + 9 + 13 + 14 + 13 + 9) = 5,39$$

$$Sk(6) = \frac{7}{100} \times (19 + 9 + 13 + 14 + 13 + 9 + 15) = 6,44$$

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya;
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya, atau untuk keperluan lainnya yang tidak merugikan hak-hak dan kepentingan penulis.
  - b. Pengutipan tidak merugikan hak-hak dan kepentingan penulis.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN SUSKA RIAU.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

$$Sk(7) = \frac{7}{100} \times (19 + 9 + 13 + 14 + 13 + 9 + 15 + 8) = 7$$

setelah didapatkan nilai  $S_k$ , maka kemudian dilakukan pembulatan nilai  $S_k$  menjadi  $sk'$  yang akan menjadi nilai pixel baru pada citra output. Berikut proses pembulatan nilai  $sk'$ :

$$sk(0) = 1,33 \Rightarrow sk(0)' = 1$$

$$sk(4) = 4,76 \Rightarrow sk(4)' = 5$$

$$sk(1) = 1,96 \Rightarrow sk(1)' = 2$$

$$sk(5) = 5,39 \Rightarrow sk(5)' = 5$$

$$sk(2) = 2,87 \Rightarrow sk(2)' = 3$$

$$sk(6) = 6,44 \Rightarrow sk(6)' = 6$$

$$sk(3) = 3,85 \Rightarrow sk(3)' = 4$$

$$sk(7) = 7 \Rightarrow sk(7)' = 7$$

setelah semua nilai  $sk$  dibulatkan menjadi nilai  $sk'$ , maka nilai  $sk'$  akan menggantikan nilai  $k$ , sehingga citra  $k$  input akan menjadi citra output hasil transformasi histogram equalization

Hasil persamaan diatas dibuatkan pada tabel berikut

Tabel 2. 2 Tabel perhitungan *histogram equalization*

$k$	$N_{ij}$	$\sum_{j=0}^k n_{rj}$	$S_k$	$Sk'$
0	19	19	1,33	1
1	9	28	1,96	2
2	13	41	2,87	3
3	14	55	3,85	4
4	13	68	4,76	5
5	9	77	5,39	5
6	15	92	6,44	6
7	8	100	7	7

Berikut hasil output pixel *histogram equalization*

Tabel 2. 3 Citra hasil *histogram equalization* array ukuran 10 x 10

7	2	6	1	6	5	6	4	4	7
4	1	1	5	4	1	5	5	3	5
5	2	2	1	4	1	4	5	1	1
4	5	5	7	6	3	1	1	2	3



4	6	1	6	1	5	7	3	2	6
6	7	5	1	3	1	7	5	5	3
7	4	3	6	6	7	5	5	5	3
2	1	5	6	3	6	4	1	1	5
5	5	3	3	4	4	4	1	6	2
5	6	1	4	3	5	2	6	1	2

#### 4. Artificial Intelligence

*Artificial intelligence* merupakan ilmu yang mendalami tentang bagaimana sebuah komputer yang merupakan cabang dari ilmu komputer yang dapat didesain sedemikian rupa untuk bisa menjalankan pekerjaan seperti dan sebaik yang dikerjakan oleh manusia kalau penggunaannya dimaksimalkan sebaik mungkin untuk hal-hal positif. *Artificial intelligence* didesain untuk mesin agar mampu berpikir, mempertimbangkan perbuatan yang akan dilakukan, dan bisa berfikir untuk mengambil keputusan, sama hal yang dikerjakan oleh manusia. Artificial intelligence muncul bagaikan ilmu baru yang memiliki sebuah tujuan antara lain menciptakan sistem komputer yang bisa belajar sendiri, bereaksi sendiri, dan menciptakan keputusan di dalam lingkungan yang berubah dan kompleks (Neapolitan & Jiang, 2019).

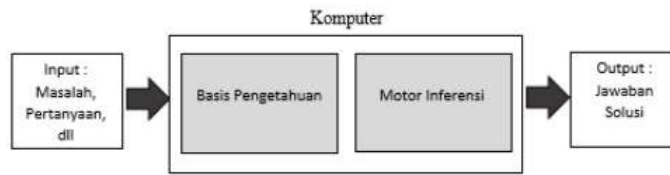
Manusia dapat menyelesaikan permasalahan yang timbul karena seluruh umat manusia mempunyai ilmu pengetahuan dan pengalaman yang bisa membantu untuk memecahkan suatu permasalahan. Supaya komputer bisa berfikir dan bekerja layaknya dan sebagus manusia maka sebuah komputer akan diberikan suatu kemampuan menalar dan pengetahuan untuk bertujuan mendapatkan suatu pengalaman, layaknya seperti manusia pada umumnya. Turing berpendapat, bahwa komputer tersebut bisa dikatakan cerdas kalau seseorang salah mengira bahwa yang dilakukan komputer itu seperti hal yang dilakukan manusia (Russell & Norvig, 2010).

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah;
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Gambar 2. 4 konsep Penerapan *artificial intelligence* di komputer**

Pada gambar 2.4, input yang dimasukkan pada suatu sistem yang memanfaatkan *artificial intelligence* adalah permasalahan. Sistem wajib melengkapi sekumpulan ilmu pengetahuan yang berada di Basis Pengetahuan. Sistem wajib mempunyai Motor Inferensi supaya bisa membuat kesimpulan yang sesuai fakta atau pengetahuan. Output yang dihasilkan adalah solusi permasalahan dari kesimpulan.

Bagi (Russell & Norvig, 2010) pendekatan AI terdiri empat cara antara lain, yaitu :

1. *Thinking Humanly*, yaitu suatu sistem bisa menggapai pemikiran psikologis.
2. *Acting Humanly*, yaitu suatu sistem bisa menirukan tingkah laku manusia.
3. *Thinking Rationally*, yaitu suatu sistem bisa melakukan penalaran perhitungan.
4. *Acting Rationally*, yaitu suatu sistem yang bekerja untuk menggapai hasil terbaik atau, jika ada keraguan, maka akan menghasilkan kesimpulan terbaik yang diinginkan.

## 2.5 *Machine learning*

*Machine Learning* merupakan ilmu yang mempelajari data kemudian melakukan prediksi untuk masa berikutnya. Arthur Samuel berpendapat bahwa *machine learning* merupakan bagian dari ilmu komputer yang membagikan suatu keahlian pembelajaran kepada komputer (Samuel, 1959). *Machine Learning* juga bisa diartikan seperti disiplin ilmu yang menugaskan komputer untuk berlatih dan bekerja layaknya seorang manusia, dan meluaskan kemampuan belajarnya secara otomatis, melalui inputan data dan suatu informasi sebagai wujud pengalaman dan hubungan dunia nyata (Gaurav & Patel, 2020).





Menurut (Pustejovsky & Stubbs, 2013) *machine learning* dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori utama yaitu:

#### 1. *Supervised learning* (pembelajaran yang diawasi)

Pembelajaran yang diawasi adalah output yang dihasilkan sudah dikenali sebelumnya. Umumnya pembelajaran yang dikerjakan ini memanfaatkan data yang sudah ada. Pembelajaran banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan prediksi seperti klasifikasi, regresi.

#### 2. *Unsupervised learning* (pembelajaran yang tidak diawasi)

Pembelajaran yang tidak diawasi, merupakan cara system tidak membutuhkan target keluaran. Pembelajaran ini banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi pola seperti asosiasi dan clustering

#### 3. *Reinforcement learning*

Prosesnya pembelajarannya berasal dari pengetahuan dan pengalaman tentang keadaan lingkungan sampai mendalami keseluruhan keadaan lingkungan. bertujuan untuk menggunakan pengamatan dan mengumpulkan data melalui interaksi langsung sama keadaan lingkungan sekitar untuk memilih tindakan yang dapat mengoptimalkan reward dan mengurangi terjadinya resiko.

## 2.6 Deep Learning

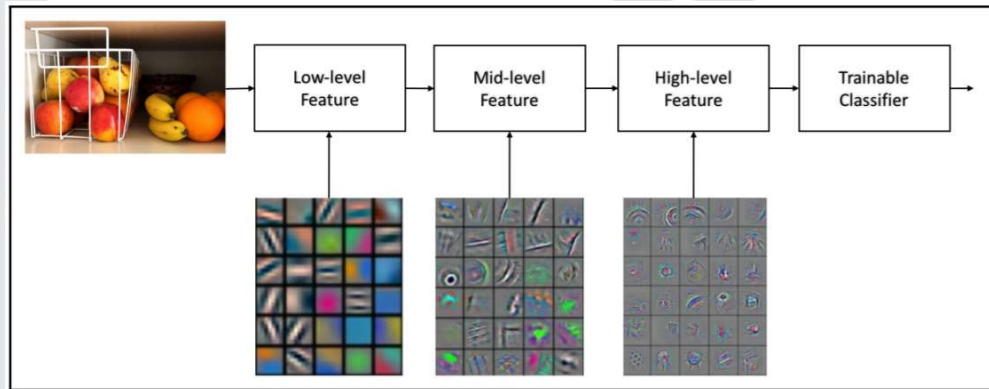
*Deep Learning* merupakan suatu cabang keilmuan yang baru yang sedang berkembang akhir-akhir ini karena berkembangnya teknologi yang bernama GPU *acceleration*. Kemampuan terbesar dari *deep learning* adalah dapat mempelajari fitur representasi secara otomatis di berbagai tingkat abstraksi. Hal ini memungkinkan suatu sistem belajar fungsi secara kompleks yang dipetakan dari input ke output tanpa banyak ketergantungan dari fitur buatan manusia. Selain itu, memberikan potensi pra-pelatihan, yaitu representasi pembelajaran pada satu set dataset yang tersedia, kemudian menerapkan representasi yang dipelajari ke domain lain. Selain itu, *deep learning* bekerja dengan baik saat belajar menggunakan sejumlah data yang besar tanpa pengawasan manusia (Di et al., 2019).

*Deep learning* memerlukan data untuk *input* dan mengolahnya memerlukan beberapa *hidden layer*. *Deep learning* mengerjakan proses transformasi *non linier*

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

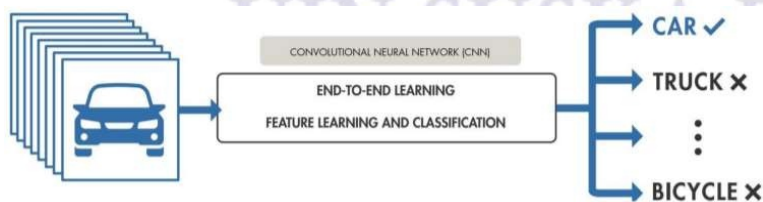
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



Gambar 2. 5 Proses Umum *Deep Learning*

Metode yang sering digunakan akhir-akhir ini untuk melakukan pengolahan citra yaitu *Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan salah satu model dari cabang *deep learning*. Untuk persoalan citra, *feature engineering* dikerjakan sama CNN yang terdiri beberapa *convolution layer* yang ada di CNN. *Feature engineering* digunakan untuk memperoleh hasil yang baik dan peranya sangat penting pada kasus prediksi. Akan tetapi, menguasai dan mempelajari nya sangat sulit karena himpunan data dan kategori data yang sangat berbeda membutuhkan teknik pendekatan yang berbeda. Oleh karena itu, ekstraksi fitur CNN tidak diperlukan dan kebanyakan hanya menggunakan pra-proses awal untuk kebutuhan normalisasi data(Putra, 2019).



Gambar 2. 6 *Deep Learning Classification*

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

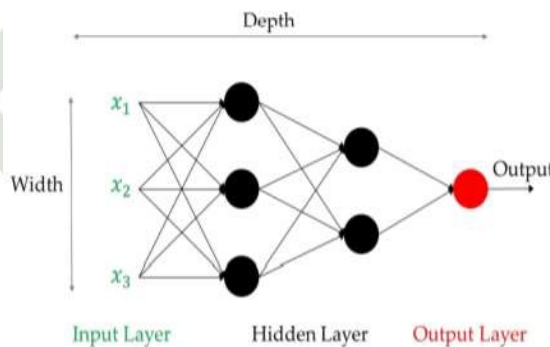
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 2.7 Artificial Neural Network

*Artificial neural network* (ANN) merupakan representasi abstrak dari polsaraf manusia, berisi kumpulan neuron yang berkomunikasi satu sama lain melalui koneksi yang disebut akson. *Neural network* ini terbuat dari node yang memungkinkan *network* dapat mempelajari gambar, teks, objek kehidupan nyata, dan hal lainnya yang mampu menjalankan tugas dan dapat memprediksi akurasi (Xie et al., 2018). Model *Artificial Neural Network* sangat sulit untuk dibaca dan mempunyai jumlah layer yang sangat banyak dan sangat sulit dipahami manusia. ANN di ibaratkan seperti graf yang memiliki *neuron* atau *node (vertex)*, dan sinapsys (*edge*) yang operasi matematisnya bisa dijelaskan sederhana pada notasi aljabar linear. Sebagai gambaran, ANN memiliki bentuk yang dijelaskan di Gambar 2.7 *Depth* (kedalaman) ANN merujuk pada jjumlah panjang layer. Sementara *width* (lebar) ANN merujuk pada jumlah unit pada layer (Putra, 2019)



Gambar 2.7 Struktur *Artificial Neural Network*

Arsitektur *artificial neural network* mengacu pada elemen yang merupakan blok bangunan dari *Neural Network*. Arsitektur *artificial neural network* mempunyai unit pemrosesan saling terhubung satu sama lain. Arsitektur nya terdiri dari :

### 2.7.1.1 Layers

*Neural network* memiliki beberapa lapisan. Sedangkan jumlah tersebut lapisan bervariasi dari model ke model dan tergantung pada tugas yang ada, umumnya hanya ada tiga jenis lapisan. Setiap lapisan terdiri dari node individu dan jumlah ini node bergantung pada persyaratan lapisan dan *neural network* secara keseluruhan. Layers yang ada di *neural network* terdiri sebagai berikut (Anwarul & Joshi, 2020):





a. *Input layer*

lapisan yang terdiri dari input data *neural network*. setiap *neural network* memerlukan input data untuk mempelajari dan melakukan operasi untuk dapat menghasilkan keluaran. Lapisan ini hanya dapat terjadi satu kali di *neural network*. Setiap node input terhubung ke setiap node yang ada di lapisan selanjutnya. Variabel atau karakteristik data masukan dikenal sebagai fitur. Target outputnya bergantung pada fitur-fitur ini.

b. *Hidden layer*

Ini adalah lapisan tempat penghitungan dilakukan. *Hidden layer* terdiri dari node yang dikenal sebagai "*activation node*". Setiap node memiliki *activation function*, yaitu fungsi matematika yang dilakukan dari *input* yang diterima oleh *activation node* untuk menghasilkan nilai *output*. Lapisan ini mungkin ada hingga ratusan *hidden layer*. Jumlah *hidden layer* tergantung pada tugas yang ada. *Output* yang dihasilkan oleh node dari satu *hidden layer* dimasukkan ke dalam proses *hidden layer* sebagai inputan. *Output* yang dihasilkan oleh setiap *activation node* yang ada di *hidden layer* dikirim ke setiap *activation node* kelapisan berikutnya

c. *Output layer*

Lapisan terakhir dari *neural network* dan terdiri dari node yang menyediakan hasil akhir dari semua pemrosesan dan komputasi. Lapisan ini harus menghasilkan nilai keluaran berdasarkan data masukan. Outputnya, sering disebut sebagai target, dilambangkan dengan  $y$ .

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

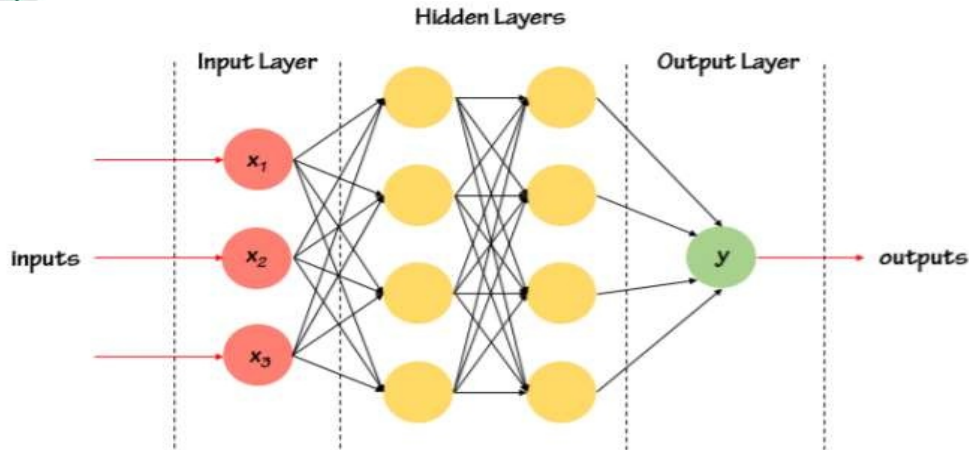
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis, dan sebagainya.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN SUSKA RIAU.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 8 Bagian Layer *Neural Network*.

Berdasarkan pada Gambar 2.6 dapat dibuat persamaan sebagai berikut.

$$y = f \left( \sum_k x_i w_{iy} + b \right) \quad (2.2)$$

Keterangan

$Y$  = output perceptron

$F$  = aktivasi function

$X_i$  = Input

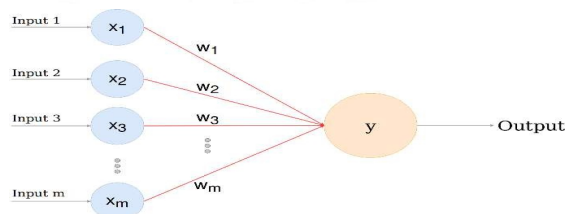
$W_{iy}$  = Bobot

$b$  = bias

Berikut ini merupakan bentuk-bentuk Layer arsitektur dari *Artificial Neural Network* (Aggarwal, 2018):

### 1. *Single Layer Network* (Jaringan lapisan tunggal)

*Single Layer Network* memiliki beberapa Neuron. *Neural network* paling sederhana disebut sebagai *perceptron*. *Neural network* ini berisi satu lapisan input dan satu simpul keluaran.



Gambar 2. 9 *Single Layer*

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

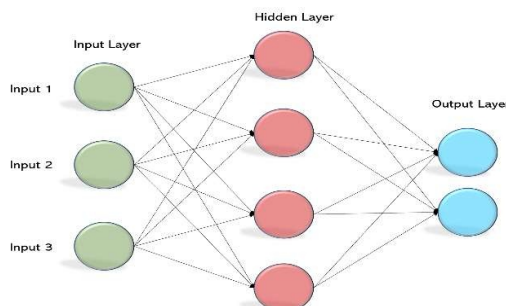
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 2. Multilayer Network (Jaringan lapisan banyak)

*multilayer perceptron* secara literal memiliki beberapa *layers*. secara umum ada tiga *layers*: *input*, *hidden*, dan *output layer*.



Gambar 2. 10 Multi Layer

### 2.7.1.2 Nodes

Unit pemrosesan individu di setiap layer disebut node dalam arsitektur *neural network*. Node pada dasarnya menerapkan "fungsi aktivasi" yang diberi masukan, dan memutuskan apakah node akan aktif atau tidak (Mukhopadhyay, 2018).

### 2.7.1.3 Dense Connections

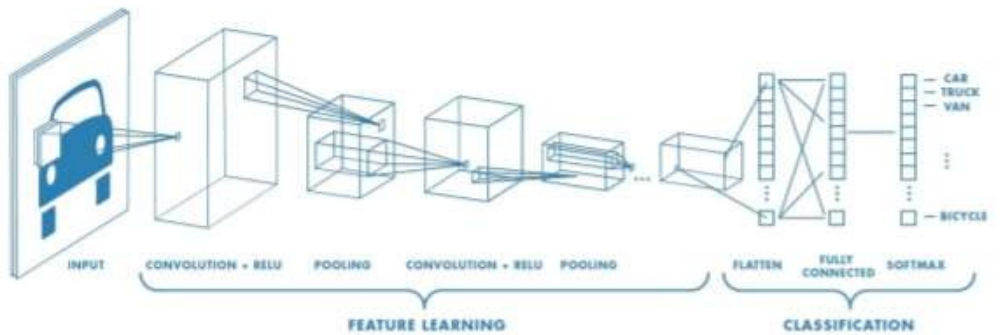
Node dalam *neural network* bisa terhubung dan bisa berkomunikasi antara node satu dan node lainnya. Setiap koneksi memiliki bobot yang menentukan kekuatan koneksi antara dua node. Untuk kasus sederhana *neural network feed-forward*, informasi ditransfer secara berurutan dalam satu arah dari masukan ke lapisan output. Karena itu, setiap node dalam sebuah lapisan terhubung langsung ke semua node di lapisan sebelumnya (Morgan, 2019).

## 2.8 Convolutional Neural Network (CNN)

*Convolutional Neural Network* (CNN) bagian dari metode DL, dimana metode ini bagian dari hasil pengembangan *Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi, sedangkan MLP hanya didesain satu dimensi. CNN dirancang untuk memproses data yang direpresentasikan dalam bentuk beberapa array, untuk Misalnya, gambar warna, diwakili melalui tiga array dua dimensi mengandung intensitas warna piksel. (Kapoor & Jaokar, 2019).

*Convolutional Neural Networks* merupakan varian multilayer yang diilhami secara biologis perceptron dan telah terbukti sangat efektif di berbagai bidang





**Gambar 2. 11** Proses *convolutional neural network*

Pada gambar 2.11, tahapan algoritma pada arsitektur dari dibagi menjadi 2 tahapan pemrosesan yaitu *Feature Learning* dan *Classification*. Tahapan tersebut akan dijelaskan selanjutnya

### 2.8.1 *Feature Learning*

Beberapa lapisan yang berada pada *Feature Learning* akan mengerjakan proses operasi komputasi khusus yang bertujuan mengatur kedalaman suatu data supaya memperoleh pola secara spesifik. Pada proses urutan *feature learning*, pada umumnya terdapat 3 lapisan pada proses operasi ekstraksi fitur. Lapisan ini pada umumnya dipanggil dengan *convolution layer*, *activation* dan *pooling layer*. Ketiga layer tersebut mempunyai proses urutan yang tidak perlu selalu sama, dan urutan proses bisa diubah-ubah berdasarkan kebutuhan. Proses ini dilakukan berulang kali sampai didapatkan *feature map* yang mempunyai hasil berbentuk angka vector dari hasil inputan citra tersebut (Putra, 2019).

#### 2.8.1.1 *Convolution Layer*

*Convolution layer* salah satu blok bangunan inti CNN secara harfiah melakukan proses *convolutional layer* pada layer ini yaitu proses ekstraksi ciri.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

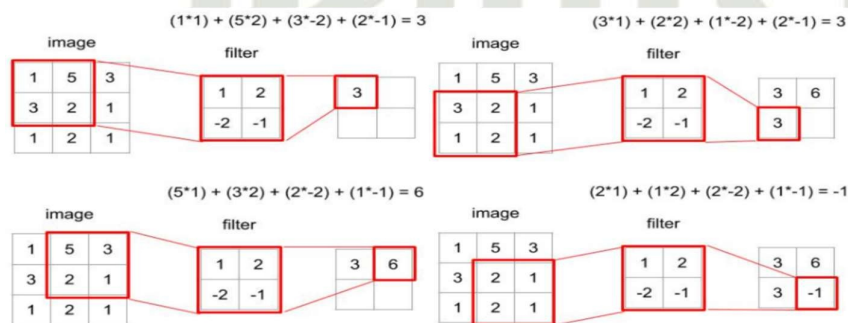
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dalam melakukan proses tersebut harus memiliki *stride*, *filter*, dan *zero padding* (Di et al., 2019).

#### a. Filter

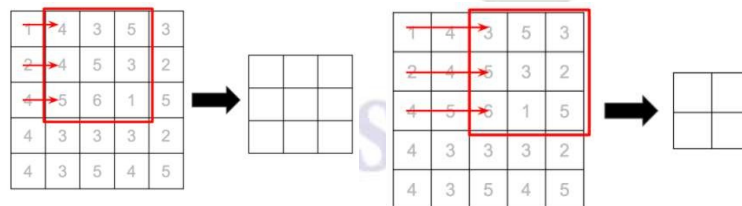
Hasil matriks yang sudah dikecilkan menjadi bagian atau ukuran yang lebih kecil merupakan hasil operasi Filter, yang ukuran dari filter yang dihasilkan sesuai  $n \times n$  piksel. Pada operasi *convolutional layer* akan dibagikan bobot secara random pada setiap piksel yang berada pada proses filter. proses filter terdapat operasi dot, yang melakukan perkalian bobot dan hasil matriks pada tiap piksel citra. setiap piksel yang sudah selesai dilakukan perkalian maka proses tadi akan dihitung untuk menghasilkan fitur hasil.



Gambar 2. 12 Filter

#### b. Stride

Stride merupakan perpindahan dari proses filter. Pada tiap filter akan berpindah 1 piksel ke arah kanan sampai ke pinggir akhir citra sisi kanan, setelah berpindah ke kanan maka akan berubah berpindah 1 piksel ke arah akhir citra sisi bawah.



a. Stride = 1

b. Stride = 2

Gambar 2. 13 a.stride = 1 dan b.stride = 2

#### c. zero padding

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Zero padding digunakan untuk menambah 1 piksel di semua tepi sebuah citra. Menambahkan 1 padding juga sama menambahkan angka 0 di seluruh tepi atau sisi dari padding pada sebuah citra.

0	0	0	0	0
0	4	5	3	0
0	5	6	1	0
0	3	3	3	0
0	0	0	0	0

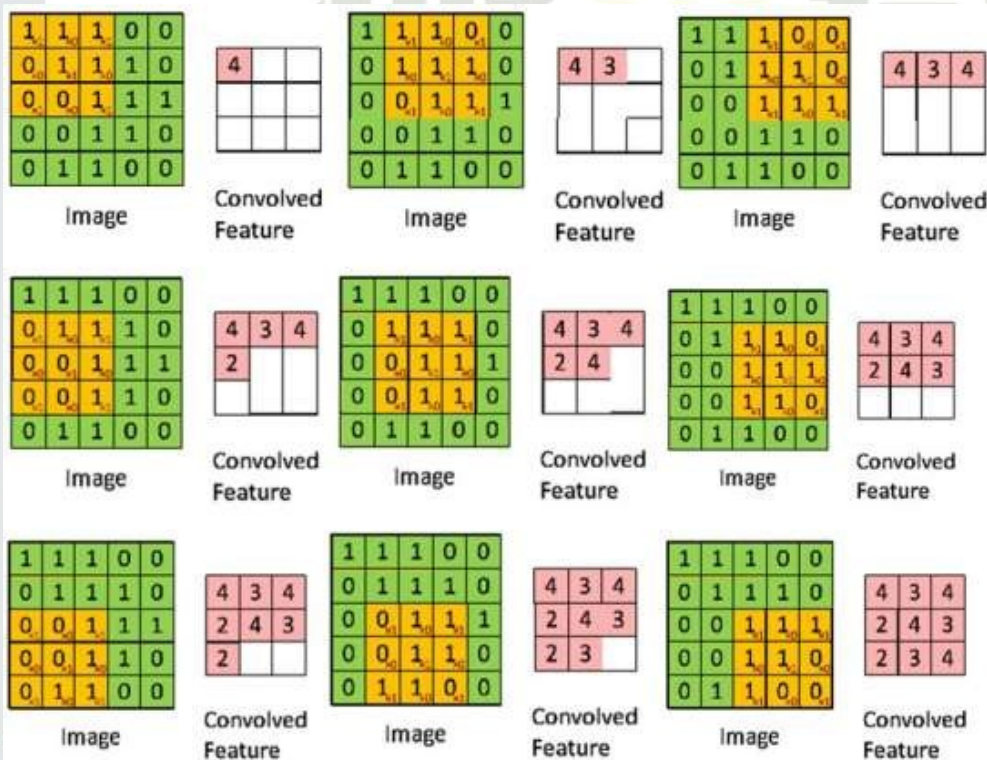
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	4	5	3	0	0
0	0	5	6	1	0	0
0	0	3	3	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

a. Padding = 1

b. Padding = 2

Gambar 2. 14 a padding = 1 dan b padding = 2

Berikut gambar dari operasi convolutional pada sebuah gambar:



Gambar 2. 15 operasi convolution pada sebuah gambar

Proses operasi convolutional dimulai dari Input terhubung ke satu set *convolutional layers*. *Convolutional layers* ini bergeser sepetak filter dan menghasilkan output melalui operasi konvolusi. *Convolutional layers* menggunakan sejumlah kecil bobot yang terorganisir untuk mencakup sedikit input





patch di setiap lapisan, tidak seperti *neural network* yang terhubung penuh, dan bobot ini dibagi pada dimensi tertentu (misalnya, lebar dan tinggi dimensi gambar). CNN menggunakan operasi konvolusi untuk berbagi bobot membentuk output dengan menggeser set kecil bobot ini sepanjang yang diinginkan dimensi. Apa yang akhirnya kita dapatkan dari operasi konvolusi ini diilustrasikan dalam Gambar 2.9. Jika pola hadir dalam filter konvolusi hadir dalam tambalan gambar, konvolusi akan menghasilkan nilai tinggi untuk lokasi itu, jika tidak, itu akan menghasilkan nilai rendah. Juga, dengan menggabungkan gambar penuh, kami mendapatkan matriks yang menunjukkan apakah sebuah pola hadir atau tidak di lokasi tertentu. Akhirnya, mendapatkan matriks sebagai keluaran konvolusi (Ganegedara, 2018).

Perhitungan penggunaan *hyperparameter* sebagai hasil output feature map sebagai berikut:

$$D = 1 + (W - F + 2P)/(S) \quad (2.3)$$

Keterangan:

D = Dimensi output pixel

W = Dimensi input pixel gambar width

F = Dimensi matriks filter

P = Ukuran Nilai *padding* yang akan digunakan

S = Ukuran nilai pergeseran (*Stride*)

### 2.8.1.2 Pooling Layer

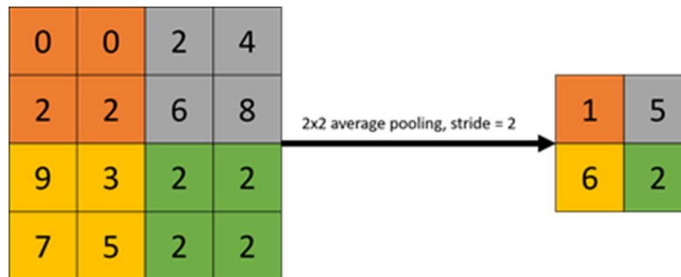
*Pooling layer* merupakan langkah subsampling atau *downsampling* yang terletak di antara *convolution layer* dan *Activation function*. *Pooling layer* berguna untuk menurunkan ukuran dimensi output. Keuntungan *pooling layer* adalah mengurangi jumlah parameter dan perhitungan dalam *network* pada *feature map* sambil menjaga informasi yang penting dalam versi yang baru dikurangi. Untuk gambar berwarna, penyatuan dilakukan secara independen di setiap saluran warna (Di et al., 2019).

Ada beberapa cara *Pooling layer*, tetapi yang paling sering dipakai yaitu *max-pooling*. Nilai yang diambil pada *max-pooling* yaitu angka yang bernilai maksimal (Amaral et al., 2013). Gambaran *average-pooling* direpresentasikan sebagai berikut:

1. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 16 downsampling Average-pooling dengan 2 stride

### 2.8.1.3 Activation Function

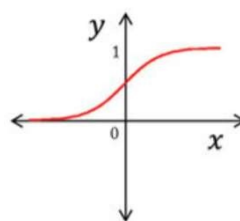
*Activation functions* adalah fungsi yang merupakan bagian dari *activation node* yang ditemukan di *hidden layers* dari *neural network*. *Activation function* berfungsi memperkenalkan *non-linearitas* ke dalam *neural network*, karena tanpa *activation function* *neural network* akan hanya memiliki fungsi linear, Ini penting karena kebanyakan data dunia nyata adalah nonlinier dan neuron perlu mempelajari representasi nonlinier. Ada berbagai macam fungsi aktivasi yang dapat digunakan dalam neuron, hal yang penting adalah fungsi *nonlinier*. Setiap *fungsi aktivasi* memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri(Xie et al., 2018).

Menurut (Menshawy, 2018) setiap fungsi aktivasi (atau nonlinier) mengambil satu nomor dan melakukan operasi matematika. Ada beberapa fungsi aktivasi yang paling umum di pakai sebagai berikut:

#### 1. Sigmoid

*Activation function sigmoid* banyak digunakan di kalangan peneliti. fungsi ini menerima input bernilai nyata dan memasukkannya ke ukuran antara 0 dan 1:

$$f_{\text{sigm}}(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.4)$$



Gambar 2. 17 Sigmoid Activation function

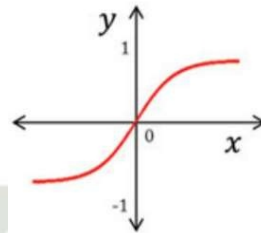
#### 2. Tanh

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*Tanh* adalah fungsi aktivasi lain yang mentolerir beberapa nilai negatif. *Tanh* menerima input bernilai riil dan menekannya ke  $[-1, 1]$ . fungsi ini menghasilkan persamaan berikut:

$$f_{\tanh}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.5)$$

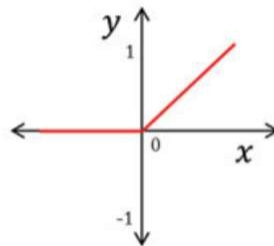


Gambar 2. 18 *Tanh Activation function*

### 3. ReLU

*Rectified Linear Unit* (ReLU) tidak menerima nilai negatif dan hanya menerima nilai real pada input dan ambang pada nol (mengganti nilai negatif dengan nol). Fungsi ReLU memetakan input ke 0 jika negatif dan mempertahankan nilainya tidak berubah jika positif fungsi ini menghasilkan persamaan berikut:

$$f_{\text{relu}}(x) = \max(0, x) \quad (2.6)$$



Gambar 2. 19 *Relu Activation function*

*Activation function* di setiap neuron buatan memutuskan apakah ada sinyal yang masuk mencapai ambang dan harus mengeluarkan sinyal untuk tingkat berikutnya. Sangat penting untuk mengatur *activation function* yang tepat agar menghilangkan masalah gradien. Fitur penting lain dari fungsi aktivasi harus dibedakan. Network belajar dari kesalahan, yang dihitung pada lapisan output, terdiferensiasi *activation function* yang diperlukan untuk melakukan optimasi





2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN SUSKA RIAU.

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kreatifitas, dan untuk keperluan lain.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN SUSKA RIAU.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

backpropagation saat menyebarkan backward dalam jaringan untuk menghitung gradien error (loss) sehubungan dengan weight, dan kemudian optimalkan weight yang sesuai, menggunakan gradient descent atau teknik optimasi lainnya untuk mengurangi kesalahan (Di et al., 2019).

#### 8.1.4 Batch Normalization

Metode *batch Normalization* juga memiliki efek yang menguntungkan pada aliran gradien melalui jaringan, dengan mengurangi ketergantungan gradien pada skala parameter atau dari nilai awal. Ini memungkinkan kita untuk menggunakan lebih tinggi tingkat pembelajaran tanpa risiko divergensi. Selanjutnya, *batch Normalization* mengatur model dan mengurangi kebutuhan Dropout (Zhu et al., 2020).

Dalam tradisional *deep network*, kecepatan pembelajaran yang terlalu tinggi mungkin menghasilkan gradien yang terlalu tinggi atau *loss*, serta berhenti dalam minimum parameter lapisan lokal yang buruk. *Batch Normalization* membantu mengatasi masalah ini. Dengan menormalkan aktivasi di seluruh jaringan, ini mencegah perubahan kecil dalam lapisan dan dapat meningkatkan akurasi serta meningkatkan kecepatan training CNN (Joseph, 2016).

#### 2.8.2 Classification

*Classification* berfungsi untuk mengklasifikasi setiap neuron yang sebelumnya sudah dilakukan ekstraksi fitur dan akan dilakukan proses *classification*. Pada tahap *Classification*, terdiri 3 lapisan proses *Classification*. Lapisan *classification* terdiri antara lain *flatten*, *fully connected layer* dan *softmax*. Proses *Classification* ini diawali dengan *flatten* yang melakukan proses pengubahan bentuk input matrix menjadi berbentuk vector supaya digunakan untuk bahan inputan dari *fully connected layer* yang akan melakukan perhitungan skor kelas, selanjutnya akan digunakan sebagai input di *Softmax* yang akan dihitung probabilitasnya terhadap kelas target dari semua kelas target yang kemungkinan untuk memberikan hasil klasifikasi (Putra, 2019).

##### 2.8.2.1 Flatten

*Flatten* digunakan untuk merubah matriks hasil proses output *pooling layer*  $n \times n$  menjadi ukuran matriks  $n \times 1$ . Hasil output proses *flatten* akan dipakai untuk

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

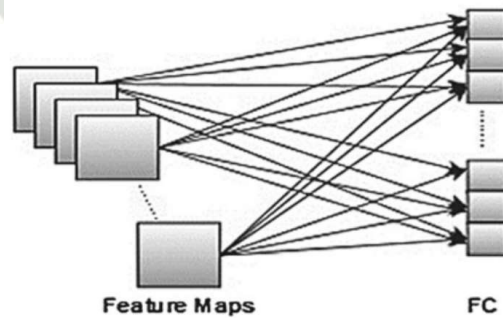
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

bahan inputan dalam proses yang setelahnya yaitu proses mengklasifikasi (Ganegedara, 2018).

#### 2.8.2.2 Fully Connected Layer

*Fully connected layer* sering dijumpai di *neural network biasa*. *Convolutional layer* berbeda dengan *neural network biasa*, *fully connected layer* tidak memerlukan proses *convolutional* untuk menghasilkan output layer, tetapi memanfaatkan perkalian antara matriks. *Fully connected layer* terdapat Neuron yang terkoneksi penuh ke seluruh aktivasi pada layer sebelumnya dari lapisan *max-pooling* ke semua *neuron output*, berguna untuk mengenali *output* yang sesuai, yang berbeda dengan layer *convolution* (Di et al., 2019).

Dalam lapisan *convolution*, *neuron* terhubung hanya wilayah lokal di input, dan banyak *neuron* dalam parameter berbagi volume *convolution*. *Fully connected layer* sering digunakan dalam dua lapisan terakhir dengan fungsi *softmax* untuk menggantikan fungsi aktivasi lainnya untuk probabilitas keluaran (Ganegedara, 2018).



Gambar 2. 20 koneksi antara *convolution layer* dan *fully connected layer*

$$y = f(W^T x + b) \quad (2.7)$$

Keterangan

- $Y$  = output  
 $f$  = nonlinear function  
 $X$  = Input  
 $W$  = Bobot Matrix  
 $b$  = bias



### 2.8.2.3 Softmax

Softmax biasanya ditemukan di lapisan output dari *neural network*. Fungsi softmax digunakan pada *classification neural network*. Neuron yang memiliki nilai tertinggi mengklaim input sebagai anggota kelasnya. *softmax activation function* memaksa output dari *neural network* untuk mewakili probabilitas bahwa input masuk ke masing-masing kelas. Tanpa softmax, *output neuron* hanyalah nilai numerik dengan yang tertinggi menunjukkan kelas pemenang (Mukhopadhyay, 2018).

$$f_j(z) = \frac{e^{z_j}}{\sum_k e^{z_k}} \quad (2.8)$$

Keterangan

j = mewakili indeks neuron keluaran (z) yang dihitung

k = mewakili indeks semua neuron dalam kelompok / level.

z = menunjukkan berbagai neuron keluaran.

Penting untuk dicatat bahwa aktivasi softmax dihitung berbeda dari fungsi aktivasi lainnya dalam bab ini. Ketika softmax adalah fungsi aktivasi, output dari neuron tunggal tergantung pada neuron output lainnya (Mukhopadhyay, 2018).

### 2.8.3 Evaluasi Model

Untuk menentukan performa pada model klasifikasi, bisa diukur performanya menggunakan beberapa parameter yaitu, melalui tingkatan akurasi, sensitivity dan specificity. menghitung parameter tersebut maka dibutuhkan suatu matrik yang umum digunakan yaitu confusion matriks atau *error matrix*. Berdasarkan aturannya *confusion matrix* membagikan data perbandingan hasil dari proses klasifikasi yang telah dijalankan suatu model dengan hasil klasifikasi yang sesuai kenyataan (Adrian, 2017). *Confusion matrix* mempunyai 4 istilah kombinasi untuk menilai prediksi dan menilai aktual yang direpresentasikan dari hasil proses melakukan klasifikasi. Keempat sebutan *confusion matrix* antara lain *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP) dan *False Negative* (FN). Berikut tabel matrik dari *confusion matrix*:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lain yang tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Actual Values		1 (Positive)	0 (Negative)
Predicted Values	1 (Positive)	<b>TP</b> (True Positive)	<b>FP</b> (False Positive) <i>Type I Error</i>
	0 (Negative)	<b>FN</b> (False Negative) <i>Type II Error</i>	<b>TN</b> (True Negative)

Gambar 2. 21 *Confusion matrix*

Penjelasan:

TP = total data yang bernilai positif yang diklasifikasi benar menurut sistem.

TN = total data yang bernilai negatif yang diklasifikasi benar menurut sistem.

FN = total data yang bernilai negatif namun diklasifikasi salah menurut sistem.

FP = total data yang bernilai positif namun diklasifikasi salah menurut sistem.

Ada beberapa rumus persamaan yang menggunakan nilai diatas, sebagai berikut:

#### 1. Akurasi

Akurasi adalah model evaluasi pengujian yang digunakan untuk menentukan akurat atau tidak pada arsitektu dalam mengerjakan proses mengklasifikasi secara benar. Perhitungan tingkat akurasi bisa menggunakan rumus berikut:

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \quad (2.9)$$

#### 2. Sensitivity

Sensitivity adalah model evaluasi pengujian yang digunakan untuk mengidentifikasi hasil pengujian data yang benar-benar positif dari sejumlah data yang sebenarnya positif. Sementara untuk menghitung tingkat sensitivity dapat digunakan persamaan berikut:

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.10)$$

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 3. Specificity

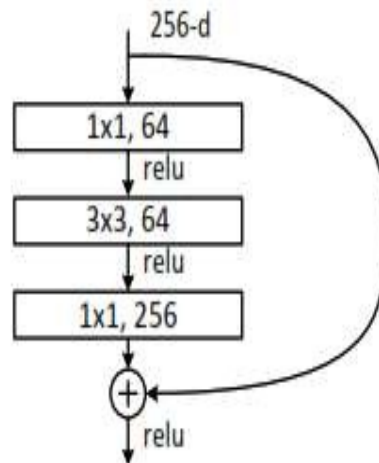
Specificity adalah model evaluasi pengujian yang digunakan untuk mengetahui hasil pengujian yang benar-benar negatif dari sebanyak data sebenarnya bernilai negatif. Sementara untuk menghitung tingkat specificity dapat digunakan persamaan berikut:

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (2.11)$$

## 2.3.4 CNN Architecture

### 2.3.4.1 Resnet

*Deep Residual Network* disingkat menjadi Resnet adalah contoh dari arsitektur CNN yang dikembangkan oleh (He et al., 2016). Arsitektur ini usulkan untuk menangani persoalan pada proses training DL, Solusi yang diusulkan yaitu mengimplementasikan skip connection atau shortcut. Model Resnet memiliki keunggulan dibandingkan model arsitektur CNN lainnya yaitu semakin dalam layer arsitektur resnet maka kinerja model resnet tidak berkurang. (He et al., 2016).



Gambar 2. 22 building block Resnet

Mengimplementasi model arsitektur ResNet menggunakan *skip connection* di beberapa layer antar dua sampai tiga layer yang mengandung ReLU dan *batch normalization*. ResNet mempunyai macam jenis yang dibedakan menurut ukuran layer yang diproses, dimulai dari 18 layer, 34 layer, 50 layer, 101 layer, sampai 152 layer (He et al., 2016)

Tabel 2.4 *Convolutional Block Resnet*

Nama layer	Ukuran output	101-layer
convol1	112 × 112	7 × 7, 64, stride 2
convol2_x	56 × 56	3 × 3 max pool, stride 2
		$\begin{bmatrix} 1 \times 1, & 64 \\ 3 \times 3, & 64 \\ 1 \times 1, & 256 \end{bmatrix} \times 3$
convol3_x	28 × 28	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, & 128 \\ 3 \times 3, & 128 \\ 1 \times 1, & 512 \end{bmatrix} \times 4$
convol 4_x	14 × 14	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, & 256 \\ 3 \times 3, & 256 \\ 1 \times 1, & 1024 \end{bmatrix} \times 23$
convol 5_x	7 × 7	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, & 512 \\ 3 \times 3, & 512 \\ 1 \times 1, & 2048 \end{bmatrix} \times 3$
	1 × 1	1000-d fc, max pool, softmax
FLOPs		7.6 × 10 <sup>9</sup>

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

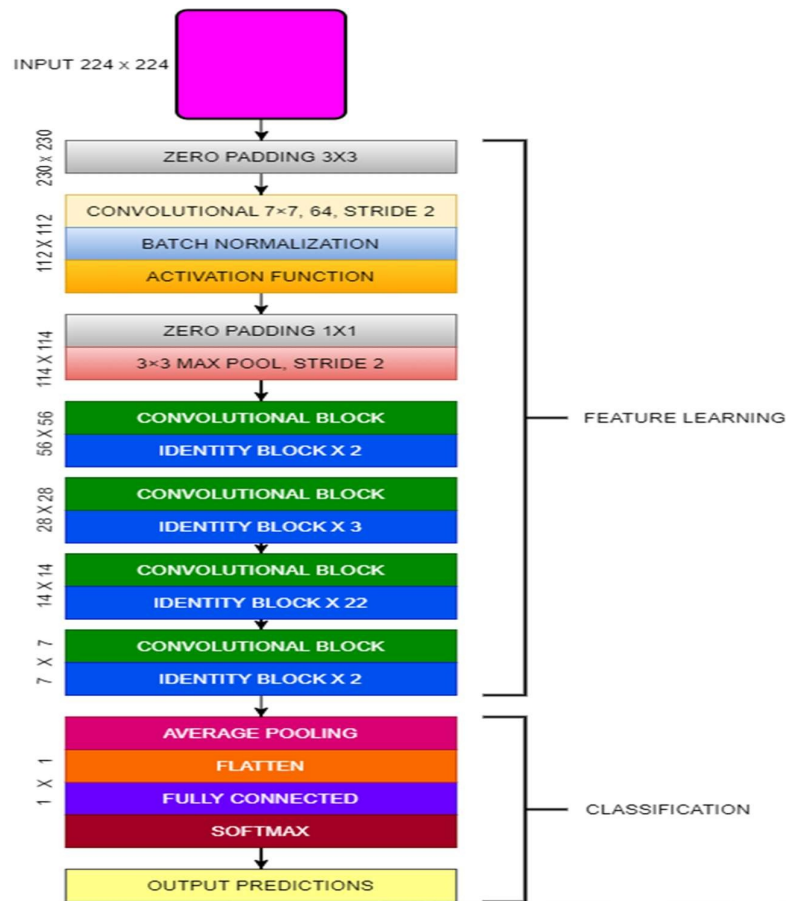
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

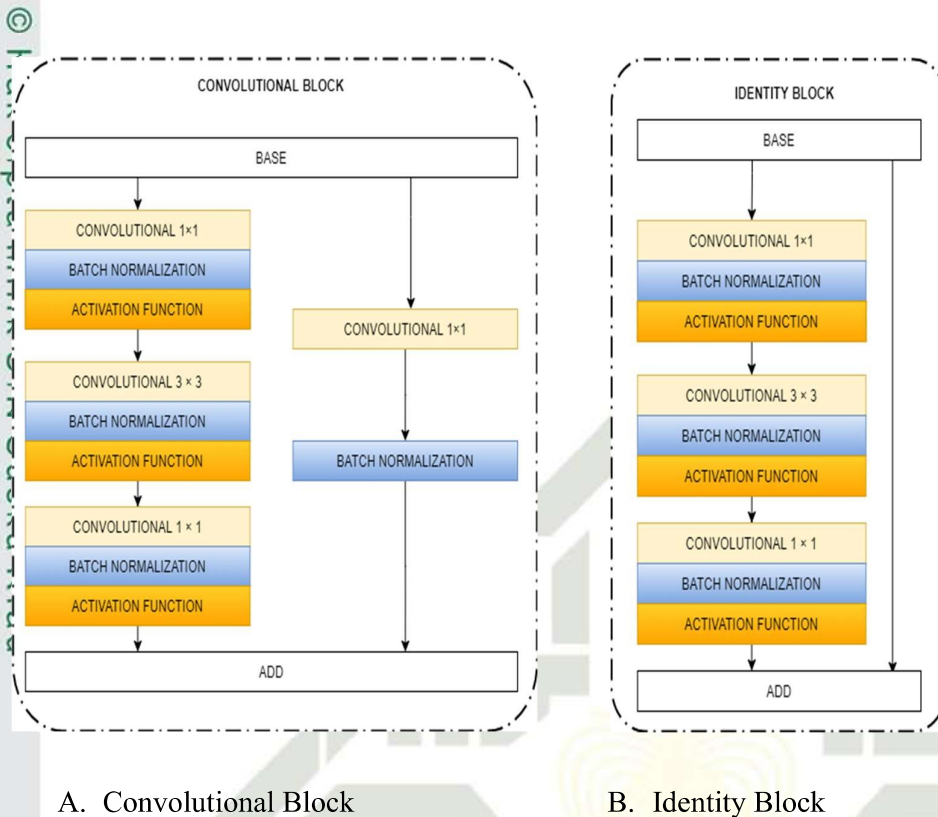
Berikut adalah diagram Resnet-101



Gambar 2. 23 Urutan Resnet101

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



A. Convolutional Block

B. Identity Block

Gambar 2. 24 A. Convolutional block dan B. Identity blok

## 2.9 Split Validation

*Split Validation* merupakan teknik dipakai untuk membagi data menjadi dua bagian secara random, beberapa bagian digunakan untuk data proses training dan beberapa bagian digunakan untuk proses data testing. *Split Validation* dilakukan berdasarkan *split ratio* yang sudah diatur sebelumnya. (Witten et al., 2011).

Training 80%								Test 20%	
Training 70%								Test 30%	

Gambar 2. 25 Contoh pembagian data pada penelitian ini

## 2.10 Penelitian terkait

Berikut beberapa penelitian terkait yang penulis temukan terdapat pada Tabel

2.5 :

Tabel 2. 5 Penelitian Terkait



No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	2020	Linda Wanq, Zhong Giu, Lin and Alexander Wong	<i>COVID-Net: A Tailored Deep Convolutional Neural Network Design for Detection of COVID-19 Case from Chest X-Ray Images</i>	<i>Deep learning convolutional neural network menggunakan arsitektur COVID-Net, VGG-16 dan ResNet-50</i>	akurasi COVID-Net 93%, ResNet-50 90.6% dan VGG-19 83%.
2	2020	Tabaan Majeed, Rasbeer Rashyd, Dashty Ali, dan Araas Asad	<i>Covid-19 detection using CNN transfer learning from X-ray Images</i>	<i>Deep learning convolutional neural network menggunakan arsitektur Xception, AlexNet, Vgg16, ResNet101, GoogleNet, ResNet18, Vgg19, Densenet201, InceptionResNetv ResNet50, InceptionV3, SqueezeNet, dan CNN-X</i>	CNN model (kecuali Vgg16 dan Vgg19), berhasil mendeteksi COVID-19 x-ray dengan sensitivitas di atas 90%.
3	2020	Yujen Oh , Sangjon Park , and Jon Chul Ye	Deep Learning COVID-19 Features on CXR using Limited Training Data Sets	<i>Deep learning convolutional neural network menggunakan arsitektur COVID-Net, U-Net FC</i>	Dengan dataset yang sama, metode, U-Net FC menunjukkan akurasi keseluruhan 91,9% yang hampir sebesar 92,4% untuk COVID-Net.
4	2020	Tayip Ozcan	A Deep Learning Framework for Coronavirus Disease (COVID-19) Detection in X-Ray Images	<i>Deep learning convolutional neural network menggunakan arsitektur GoogleNet, ResNet18 dan ResNet50</i>	Model klasifikasi yang diberikan mencapai Accuracy GoogleNet 93.98%, ResNet18 97.22%, ResNet50 97.69%

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya lainnya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S

Ali bbasian  
Ardakhani,  
Alireza  
Rajabzadeh  
Khanafi, U.  
ajendra Achara  
Nazanin  
Khadim, Afshin  
Mohammadi

Application of  
deep learning  
technique to  
manage  
COVID-19 in  
routine clinical  
practice using  
CT images:  
Results of 10  
convolutional  
neural networks

*Deep learning  
convolutional  
neural network  
menggunakan  
arsitektur  
AlexNet, VGG-  
16, VGG-19,  
SqueezeNet,  
GoogleNet,  
MobileNet-V2,  
ResNet-18,  
ResNet-50,  
ResNet-101, dan  
Xception.*

bahwa di  
antara semua  
arsitektur,  
kinerja terbaik  
diraih oleh  
ResNet-101  
dengan  
sensitivity  
100%,  
specificity  
99.02% dan  
accuracy  
99.51%.

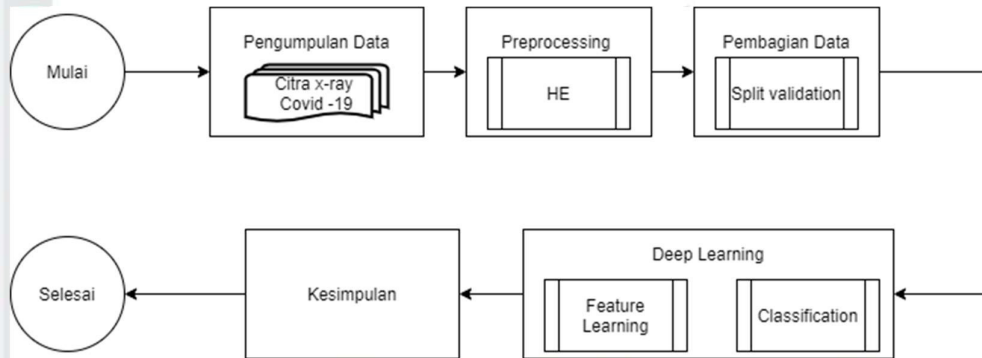
#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini membutuhkan aturan dari prosedur pada setiap tahapan. Metodologi penelitian berisi panduan atau tahapan untuk melakukan penelitian. Berikut merupakan tahapan yang digunakan dalam penelitian:

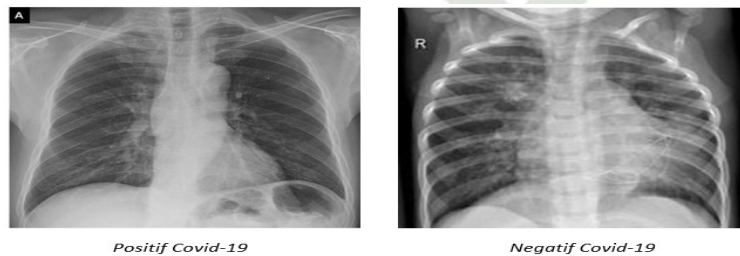


Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian

Berikut adalah penjelasan tahapan-tahapan yang ada di gambar 3.1:

#### 3.1 Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data yaitu tahapan digunakan untuk memperoleh data yang dipakai pada penelitian. Tahapan Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan mencari data public yang didapat dari Data Mendeley (SAIT et al, 2020). Data yang dikumpulkan merupakan gambar *x-ray* COVID-19 sebanyak 2562 gambar yang terbagi menjadi 2 kelas, setiap kelas terdiri dari sebagai berikut: positif COVID-19 sebanyak 1281 gambar dan negative COVID-19 sebanyak 1281 gambar. Berikut adalah gambar 2 kelas COVID-19:



Gambar 3. 2 Kelas COVID-19

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 3.2 Preprocessing

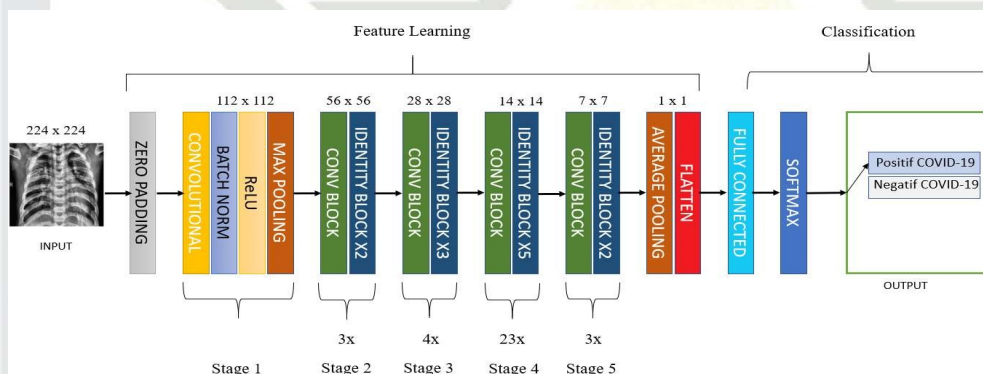
Setelah melakukan pengumpulan data, maka akan melakukan proses preprocessing gambar citra x-ray COVID-19. Pada penelitian ini, preprocessing dilakukan adalah *Histogram Equalization* (HE).

### 3.3 Split Validation

*Split Validation* merupakan metode yang digunakan pada penelitian ini yang dipakai untuk membagi data menjadi dua bagian secara random yaitu data testing dan data training. Pada penelitian ini menerapkan pembagian data yang telah dilakukan (Makris et al., 2020) yaitu menjadi 80% training dan 20% testing. Serta pembagian data yang telah dilakukan (Tartaglione et al., 2020) yaitu menjadi 70% training dan 30% testing.

### 3.4 Tahapan perancangan arsitektur *ResNet101*

Sesudah melakukan pembagian data, tahapan selanjutnya yaitu melatih model CNN arsitektur *ResNet101*. Berikut model dari arsitektur CNN *ResNet101* yang diperlukan dalam penelitian ini :



Gambar 3. 3 Arsitektur ResNet101

Gambar 3.4 merupakan urutan dari arsitektur *ResNet101* yang diimplementasi untuk melakukan klasifikasi citra *x-ray* COVID-19. Tahapan untuk melakukan proses citra menggunakan arsitektur resnet101 dijelaskan sebagai berikut:

1. Input citra berukuran 224 x 224 *pixel* dan citra yang digunakan yaitu *x-ray* COVID-19.
2. *Zero padding* ditambahkan setelah input citra *x-ray* COVID-19 yang berukuran 3 x 3 .





### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan k
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
3. Tahap 1
  - a. Model melakukan komputasi *convolutional*, ukuran filter 7 x 7 sebanyak 64 *channel*.
  - b. Model melakukan komputasi *batch normalization*.
  - c. Model melakukan komputasi *activation function* ReLu.
  - d. Model melakukan komputasi fungsi *max pooling* 3 x 3 dan ukuran *stride* = 2.
  - e. Hasil keluaran dari pengerjaan pada tahap tahap 1 membentuk ukurannya citra menjadi 112 x 112 *pixel*.
4. Tahap 2
  - a. Model melakukan komputasi *convolusi block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 64 channel dan pergeseran *stride* bernilai = 1.
  - b. Model melakukan komputasi *identity block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 64 channel dan pergeseran *stride* bernilai = 1.
  - c. Hasil keluaran dari pengerjaan pada tahap tahap 2 membentuk ukurannya citra menjadi 56 x 56 *pixel*.
5. Tahap 3
  - a. Model melakukan komputasi *convolusi block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 128 channel.
  - b. Model melakukan komputasi *identity block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 128 channel.
  - c. Hasil keluaran dari pengerjaan pada tahap tahap 3 membentuk ukurannya citra menjadi 28 x 28 *pixel*.
6. Tahap 4
  - a. Model melakukan komputasi *convolusi block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 256 channel.
  - b. Model melakukan komputasi *identity block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 256 channel.
  - c. Hasil keluaran dari pengerjaan pada tahap tahap 4 membentuk ukurannya citra menjadi 14 x 14 *pixel*.
7. Tahap 5

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan umum tentang isi karya tulis yang dikutip.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- a. Model melakukan komputasi *convolusi block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 512 channel.
  - b. Model melakukan komputasi *identity block*, ukuran filter 1 x 1 sebanyak 512 channel.
- Hasil keluaran dari pengerjaan pada tahap tahap 4 membentuk ukurannya citra menjadi 7 x 7 *pixel*.
8. Hasil keluaran dari operasi *convolutional* di tahap ke 5 maka proses selanjutnya yaitu menambah *average pooling*.
  9. Selanjutnya, keluaran dari proses *average pooling* yaitu model akan melakukan *flatten*, dimana hasil nya akan berbentuk *array* satu dimensi.
  10. setelah dilakukan proses *flatten*, maka akan dilakukan tahapan di *neural network* dengan memanfaatkan *fully connected layer* yang memiliki nilai = 1000 dengan menggunakan algoritma *backpropagation*.
  11. Tahapan terakhir dari model resnet101 yaitu tahapan proses klasifikasi citra COVID-19 dengan metode *softmax*.

### 3.5 Pengujian

Pengujian merupakan tahap yang dilakukan setelah tahap implementasi arsitektur Resnet-101. Pada tahapan penelitian ini akan melakukan pengujian terhadap tingkat akurasi, spesifisitas dan sensitivitas. Pengetesan ini memerlukan *Confusion Matrix* yang ada di persamaan (2.9),(2.10),(2.11). Parameter pengujian yang digunakan antara lain *Split Validation*, *batch size*, dan *epoch*. Menetapkan parameter pada model ini bertujuan untuk membandingkan nilai parameter yang paling baik dan diukur dengan nilai berdasarkan *Confusion Matrix*. Berikut detail parameter pengujian:

Tabel 3. 1 Parameter pengujian

Experimen	Data		Batch Size	Epoch	Split Data
1	Original	HE	25	100	90:10
2	Original	HE	25	100	80:20
3	Original	HE	25	100	70:30
4	Original	HE	50	100	90:10
5	Original	HE	50	100	80:20



6	©	Original	HE	50	100	70:30
---	---	----------	----	----	-----	-------

## 6 Kesimpulan

Pada tahapan terakhir pada penelitian ini berisi tentang kesimpulan, yang memuat tentang ringkasan dari hasil analisa seluruh eksperimen yang dikerjakan penelitian ini. Tujuannya untuk memahami bagaimana hasil tingkat akurasi, sensitivitas, spesifitas, dan presisi dengan menerapkan arsitektur CNN *ResNet10*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

State Islamic University of

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN S



## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Berlandaskan penelitian yang telah dikerjakan, diperoleh seputar keadaan yang dapat menyimpulkan yaitu.

1. Penelitian ini berhasil menerapkan preprocessing *Histogram Equalization* (HE) dan metode klasifikasi *Convolutional Neural Network* dengan menggunakan arsitektur *resnet101* dalam melakukan klasifikasikan citra COVID-19 dan normal dengan *prediket excellent classification*.
2. Penerapan *batch size 25* mendapatkan hasil keluaran berupa nilai akurasi, sensitivitas dan spesifisitas terbaik pada dataset Original
3. Penerapan preprocessing *Histogram Equalization* (HE) tidak menaikkan akurasi

#### 6.2 Saran

Mengenai saran yang utarakan di penelitian ini sebagai berikut :

1. Klasifikasi COVID-19 bisa dilakukan menggunakan arsitektur yang berbeda.
2. Memper-banyak parameter pengujian semacam membandingkan input citra yang makin besar ukuran piksel, *optimizer*, *activation function*, dropout. Bertujuan untuk memperoleh settingan *hyperparameter* terbaik pada sebuah model.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, R. (2017). *Deep Learning for Computer Vision with Python - Starter Bundle*. 332.
- Aggarwal, C. C. (2018). Neural Networks and Deep Learning. In *Neural Networks and Deep Learning*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94463-0>
- Amaral, G., Bushee, J., Cordani, U. G., KAWASHITA, K., Reynolds, J. H., ALMEIDA, F. F. M. D. E., de Almeida, F. F. M., Hasui, Y., de Brito Neves, B. B., Fuck, R. A., Oldenzaal, Z., Guida, A., Tchalenko, J. S., Peacock, D. C. P., Sanderson, D. J., Rotevatn, A., Nixon, C. W., Rotevatn, A., Sanderson, D. J., ... Junho, M. do C. B. (2013). Java Deep Learning Essentials. In *Journal of Petrology* (Vol. 369, Issue 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Anwarul, S., & Joshi, D. (2020). *Deep Learning With TensorFlow*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-3095-5.ch004>
- Ardakani, A. A., Kanafi, A. R., Acharya, U. R., Khadem, N., & Mohammadi, A. (2020). Application of deep learning technique to manage COVID-19 in routine clinical practice using CT images: Results of 10 convolutional neural networks. *Computers in Biology and Medicine*, 121(March), 103795. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2020.103795>
- Batchelor, B. G. (2018). Book Review: Digital Image Processing. In *The International Journal of Electrical Engineering & Education* (Vol. 17, Issue 3). <https://doi.org/10.1177/002072098001700324>
- Das, D., Santosh, K. C., & Pal, U. (2020). Truncated inception net: COVID-19 outbreak screening using chest X-rays. In *Physical and Engineering Sciences in Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s13246-020-00888-x>
- De, W., Anurag Bhardwaj, & Wei, J. (2019). Deep Learning Essentials. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- El Asnaoui, K., & Chawki, Y. (2020). Using X-ray images and deep learning for automated detection of coronavirus disease. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 0(0), 1–12. <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1767212>
- Ganegedara, T. (2018). *Natural Language Processing with TensorFlow*. <https://github.com/PacktPublishing/Natural-Language-Processing-with-TensorFlow>
- Gaurav, K. A., & Patel, L. (2020). *Machine Learning With R*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2718-4.ch015>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016-Decem, 770–778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Statistik Islamik University of Sultan Syarif Kasim R

- Jang, H. U., Choi, H. Y., Kim, D., Son, J., & Lee, H. K. (2017). Fingerprint spoof detection using contrast enhancement and convolutional neural networks. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 424, 331–338. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4154-9\\_39](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4154-9_39)
- Li, S., Xu, W., Yang, M., & Yu, K. (2013). 3D Convolutional neural networks for human action recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(1), 221–231. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2012.59>
- Joseph, S. (2016). Australian Literary Journalism and “Missing Voices”: How Helen Garner finally resolves this recurring ethical tension. *Journalism Practice*, 10(6), 730–743. <https://doi.org/10.1080/17512786.2015.1058180>
- Kapoor, A., & Jaokar, A. (2019). *Getting started with TensorFlow 2.0*. <https://www.datasciencecentral.com/>
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence, Teknik dan Aplikasinya* (Edisi Pert). Graha Ilmu.
- Li, Y.-Q., Lin, D.-T., & Yeh, Z.-W. (2019). Improving Deep Learning for Face Verification Using Color Histogram Equalization Data Augmentation. *Proceedings of the 5th World Congress on Electrical Engineering and Computer Systems and Science*, Mvml, 1–7. <https://doi.org/10.11159/mvml19.103>
- Maguolo, G., & Nanni, L. (2020). *A Critic Evaluation of Methods for COVID-19 Automatic Detection from X-Ray Images*. <http://arxiv.org/abs/2004.12823>
- Makris, A., Kontopoulos, I., & Tserpes, K. (2020). COVID-19 detection from chest X-Ray images using Deep Learning and Convolutional Neural Networks. *MedRxiv*, December 2019, 2020.05.22.20110817. <https://doi.org/10.1101/2020.05.22.20110817>
- Menshaw, A. (2018). *Deep Learning By Example: A hands-on guide to implementing advanced machine learning algorithms and neural networks*.
- Morgan. (2019). Artificial Neural Networks for Engineers and Scientists. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mukhopadhyay, S. (2018). Artificial intelligence for humans Volume3 :Deep Learning and Neural Networks. In *Advanced Data Analytics Using Python*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3450-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3450-1_5)
- Munir, R. (2004). *Pengolahan citra digital dengan pendekatan algoritmik*. Informatika. [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Buku/Pengolahan Citra Digital/](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Buku/Pengolahan%20Citra%20Digital/)
- Neapolitan, R. E., & Jiang, X. (2019). Artificial Intelligence With an Introduction to Machine Learning. In *CRC Press Taylor & Francis Group* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Pulung Nurtantio Andono, T.Sutojo, M. (2017). *PENGOLAHAN CITRA DIGITAL*



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

(A. Pramesta (ed.)). [https://books.google.co.id/books?id=zUJRDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Pengolahan+Citra+Menggunakan+Delphi&hl=id&sa=X&ved=2ahUK EwiYy7T8k7\\_qAhV6ILcAHUWbBisQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?id=zUJRDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Pengolahan+Citra+Menggunakan+Delphi&hl=id&sa=X&ved=2ahUK EwiYy7T8k7_qAhV6ILcAHUWbBisQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q&f=false)

Pustejovsky, J., & Stubbs, A. (2013). *Natural Language Annotation for Machine Learning* (J. S. and M. Blanchette (ed.)). O'Reilly Media.

Putra, J. W. G. (2019). *Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning* (1.2). Tokyo Institute of Technology.

RIZAL, S., IBRAHIM, N., PRATIWI, N. K. C., SAIDAH, S., & FU'ADAH, R. Y. N. (2020). Deep Learning untuk Klasifikasi Diabetic Retinopathy menggunakan Model EfficientNet. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 8(3), 693. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i3.693>

Rubin, G. D., Ryerson, C. J., Haramati, L. B., Sverzellati, N., Kanne, J. P., Raoof, S., Schluger, N. W., Volpi, A., Yim, J.-J., Martin, I. B. K., Anderson, D. J., Kong, C., Altes, T., Bush, A., Desai, S. R., Goldin, J., Goo, J. M., Humbert, M., Inoue, Y., ... Leung, A. N. (2020). The Role of Chest Imaging in Patient Management During the COVID-19 Pandemic. *Chest*. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.04.003>

Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence A Modern Approach Third Edition*. In Pearson. <https://doi.org/10.1017/S0269888900007724>

SAIT, U., V, G. L. k, Prajapati, S., Bhaumik, R., Kumar, T., S, S., & Bhalla, K. (2020). *Curated Dataset for COVID-19 Posterior-Anterior Chest Radiography Images (X-Rays)*. Mendeley Data. <https://doi.org/10.17632/9xkhgts2s6.1>

Saiz, F., & Barandiaran, I. (2020). COVID-19 Detection in Chest X-ray Images using a Deep Learning Approach. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(2), 4. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.04.003>

Samuel, A. L. (1959). *A. l. samuel ibm j. res. develop. vol. 44 no. 1/2 january/march 2000*. 44(1), 261–269.

Sethy, P., Santi, K., Behera, & Kumar, P. (2020). *Detection of coronavirus Disease (COVID-19) based on Deep Features and Support Vector Machine*. 643–651. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2020.5.4.052>

Shih, F. Y. (2010). *Image Processing and Pattern Recognition: Fundamentals and Techniques*. In *Image Processing and Pattern Recognition: Fundamentals and Techniques*. <https://doi.org/10.1002/9780470590416>

Susilo, A., Rumende, C. M., Pitoyo, C. W., Santoso, W. D., Yulianti, M., Herikurniawan, H., Sinto, R., Singh, G., Nainggolan, L., Nelwan, E. J., Chen, L. K., Widhani, A., Wijaya, E., Wicaksana, B., Maksum, M., Annisa, F., Jasirwan, C. O. M., & Yuniastuti, E. (2020). *Coronavirus Disease 2019*:

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tinjauan Literatur Terkini. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 7(1), 45. <https://doi.org/10.7454/jpdi.v7i1.415>

Sutoyo, T. d, Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, O. D., & others. (2009). Teori pengolahan citra digital. *Yogyakarta: Andi*.

Tartaglione, E., Barbano, C. A., Berzovini, C., Calandri, M., & Grangetto, M. (2020). *Unveiling COVID-19 from Chest X-ray with deep learning: a hurdles race with small data*. <http://arxiv.org/abs/2004.05405>

Wang, L., & Wong, A. (2020). *COVID-Net: A Tailored Deep Convolutional Neural Network Design for Detection of COVID-19 Cases from Chest Radiography Images*. <https://arxiv.org/pdf/2003.09871.pdf>

Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. (2011). Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques. In *Data Mining*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-19715-5>

World Health Organization (WHO). (2020a). *Novel Coronavirus. (2019-nCoV) Technical Guidance: Laboratory Guidance*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/m/item/molecular-assays-to-diagnose-covid-19-summary-table-of-available-protocols>

World Health Organization (WHO). (2020b). *WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19*. WHO Director-General. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>

Worldometers. (2020). *Coronavirus Cases*: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>

Xie, Y., Le, L., Zhou, Y., & Raghavan, V. V. (2018). Deep Learning for Natural Language Processing. In *Handbook of Statistics* (Vol. 38). <https://doi.org/10.1016/bs.host.2018.05.001>

Yang, J., Zheng, Y., Gou, X., Pu, K., Chen, Z., Guo, Q., Ji, R., Wang, H., Wang, Y., & Zhou, Y. (2020). Prevalence of comorbidities and its effects in coronavirus disease 2019 patients: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Infectious Diseases*, 94, 91–95. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.017>

Zhu, Q., He, Z., Zhang, T., & Cui, W. (2020). Improving classification performance of softmax loss function based on scalable batch-normalization. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8), 1–8. <https://doi.org/10.3390/APP10082950>



## LAMPIRAN A

Berikut adalah data citra COVID-19 original yang digunakan sebagai dataset pada penelitian ini. Data citra bersifat data public yang diunduh melalui situs data mendeley melalui url <https://data.mendeley.com/datasets/9xkhgts2s6/1> .Data citra COVID-19 berjumlah 2562 citra terdiri dari 2 kelas seperti uraian pada tabel A.1 dan A.2 berikut:

Tabel A. 1 Data citra COVID-19 original



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Universitas Suska Riau.
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip atau menjiplak sebagian atau seluruh isi dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

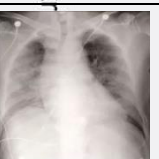
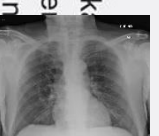
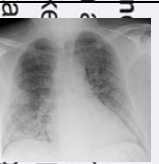
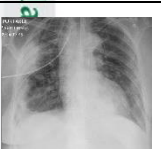
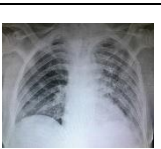
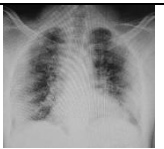
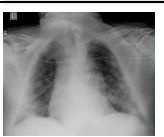
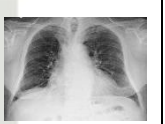
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

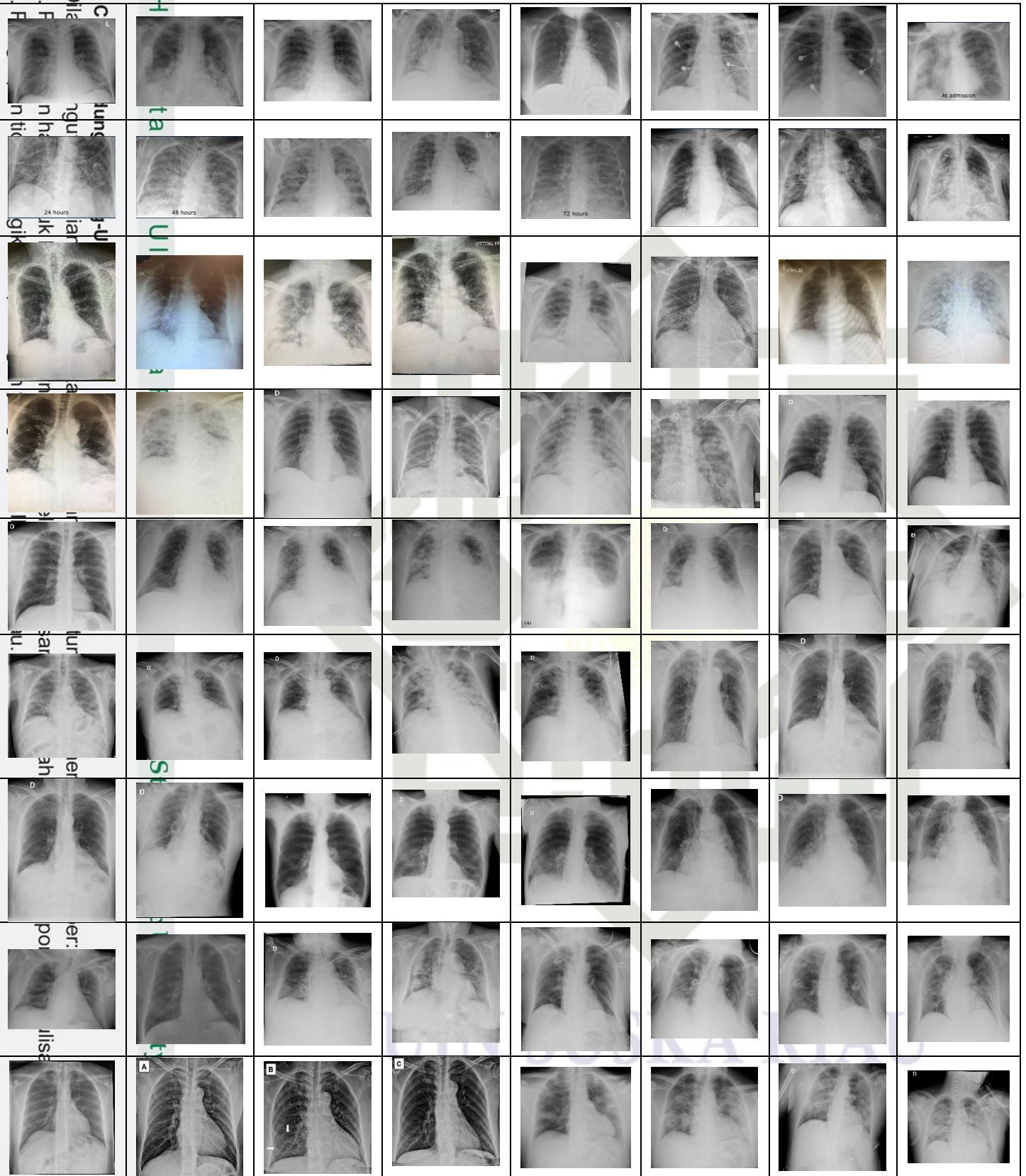












Hak C  
1. Dike  
a. F  
b. F  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© H  
ta  
UI  
a  
St  
h  
n Syarif Kasim R

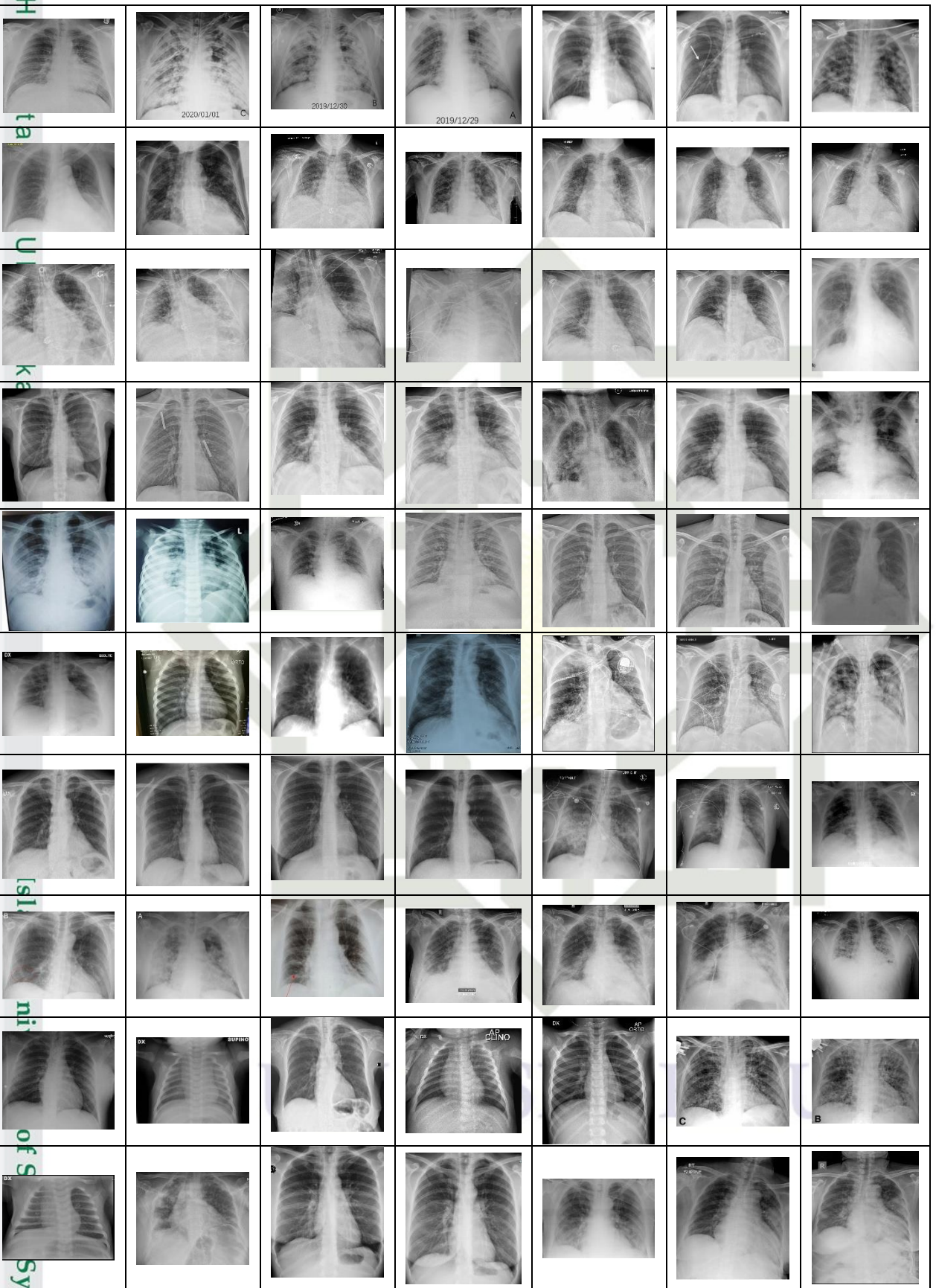
tinjauan suatu masalah



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







- Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





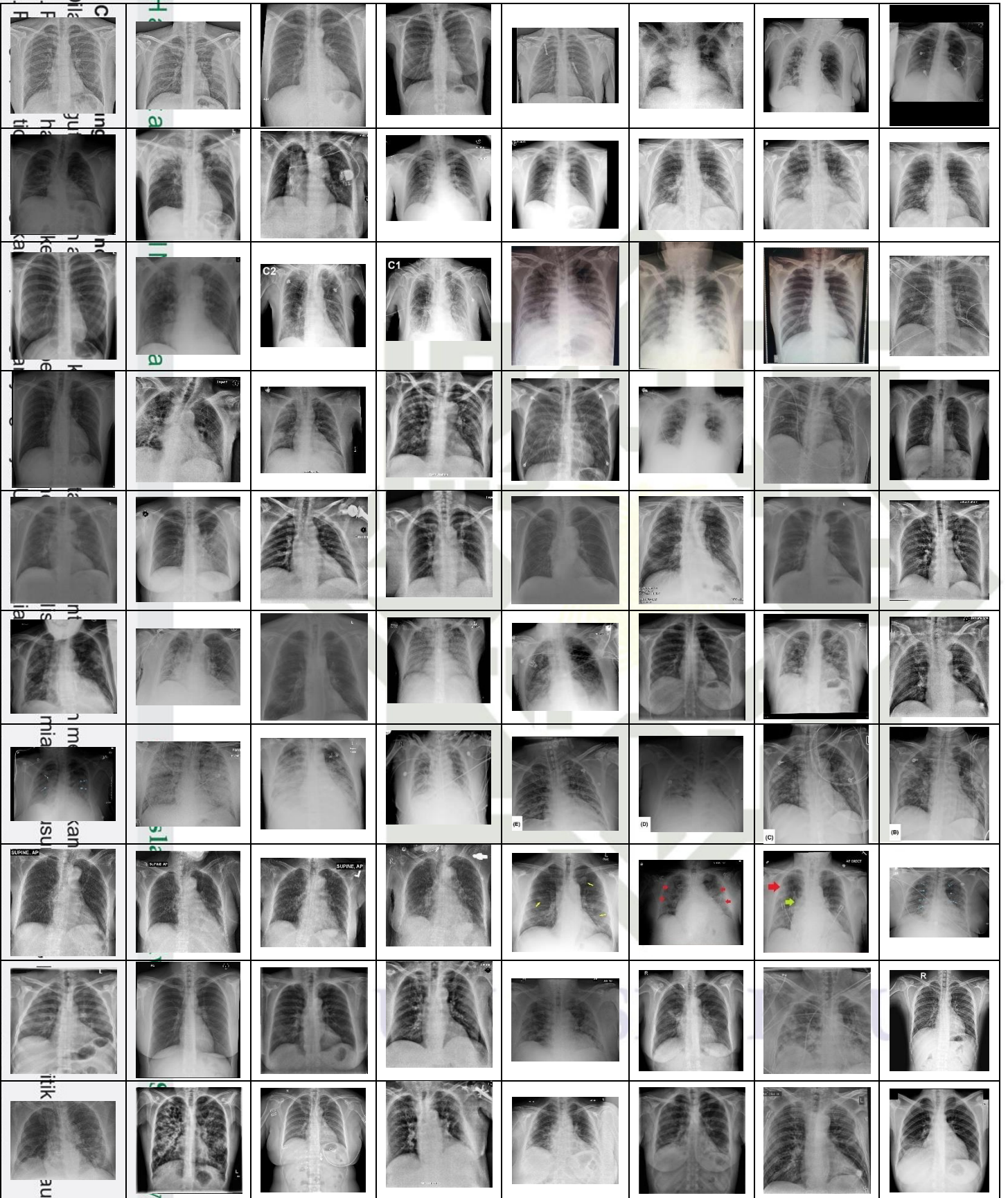
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







Hak C  
1. Dik  
a. F  
b. F

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.









Hak  
1. Di  
a.  
b.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© H  
tan Syarif Kasim R

Hak Cipta  
 1. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



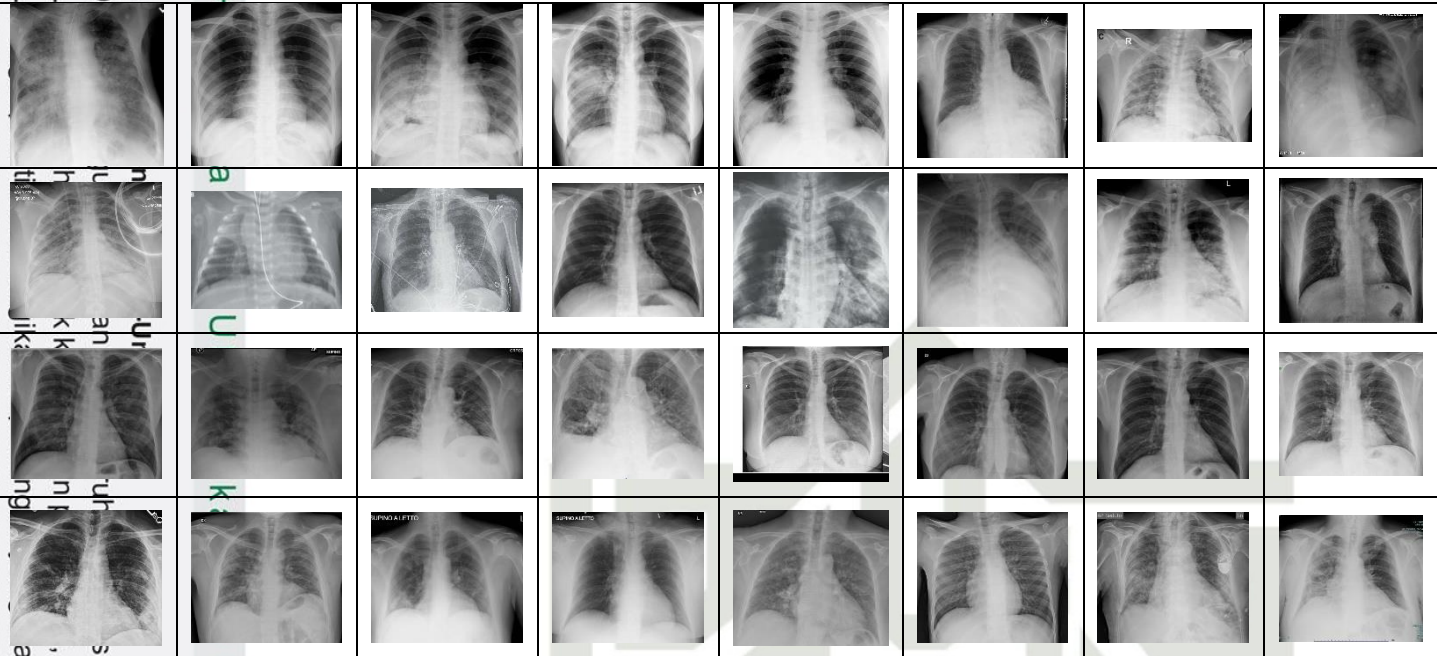


Hak  
1. Di  
a.  
b.  
2. Di larang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

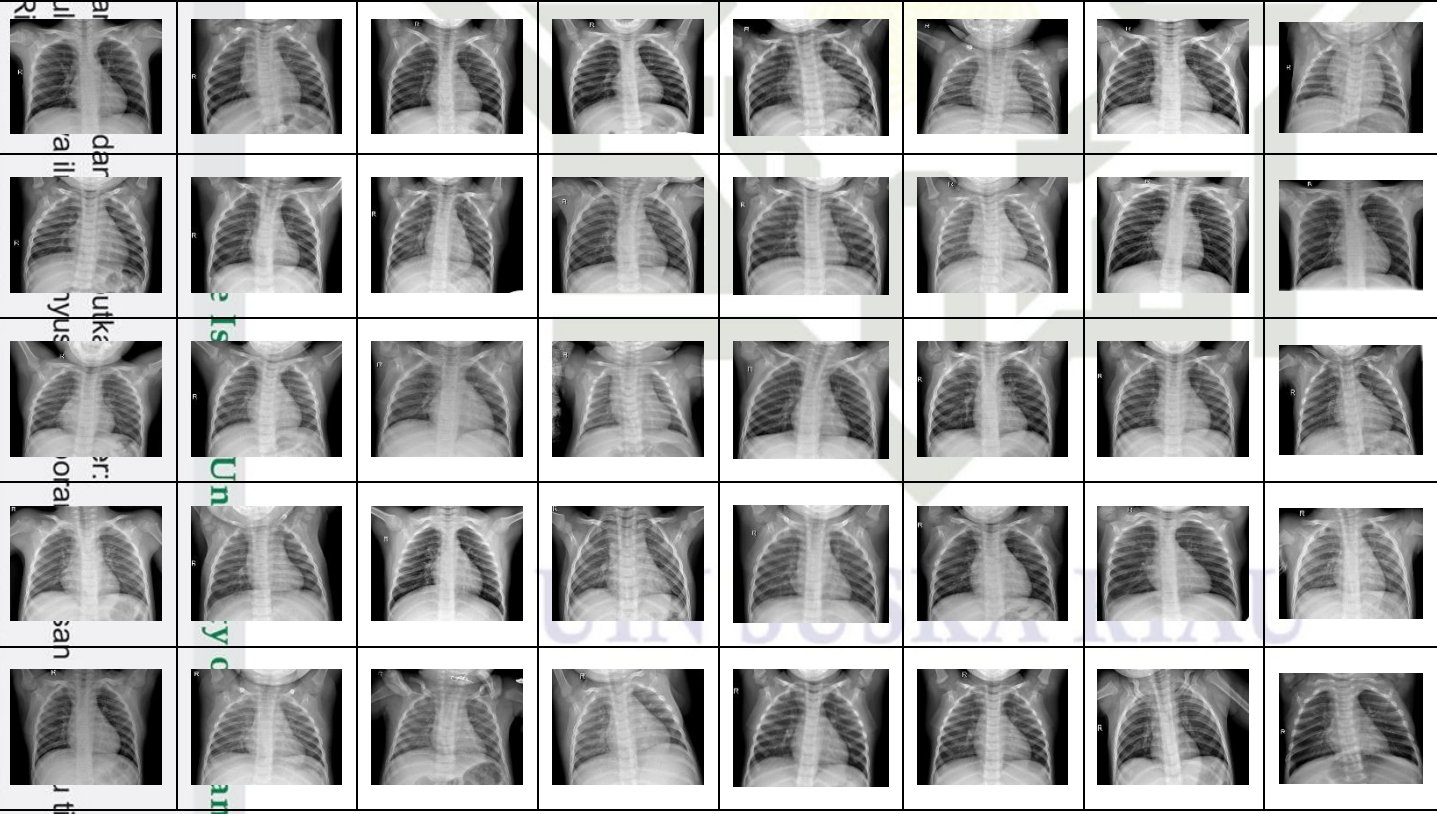


2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







































































© H  
 a  
 b  
 1. D  
 Hak  
 an  
 U  
 k  
 s  
 ini tanpa mencari  
 , penelitian, penul  
 alar UIN Suska Ri  
 dar  
 al il  
 nyuk  
 Is  
 Un  
 y  
 an Syarif Kasim R



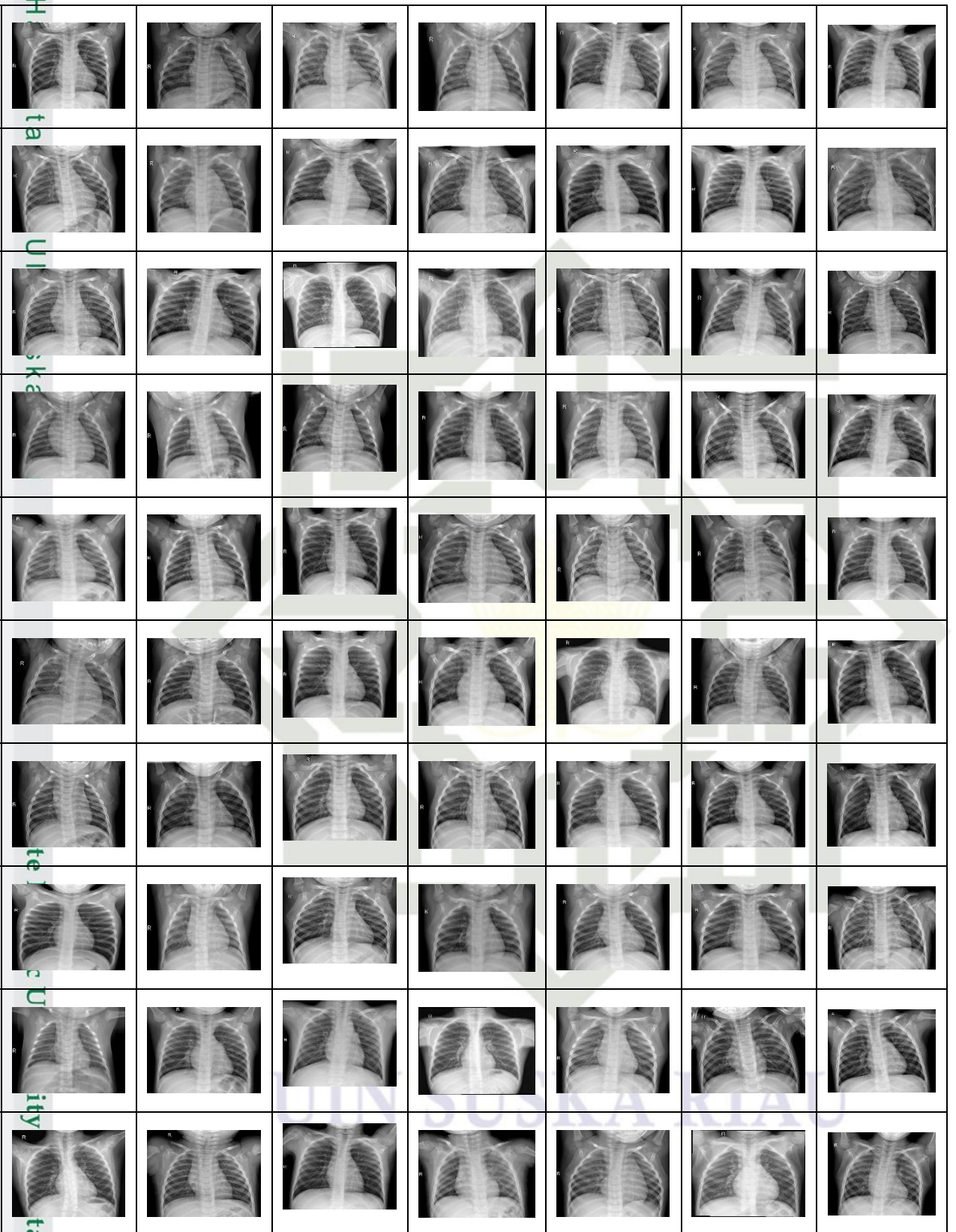
Tabel A. 2 Data citra Normal original





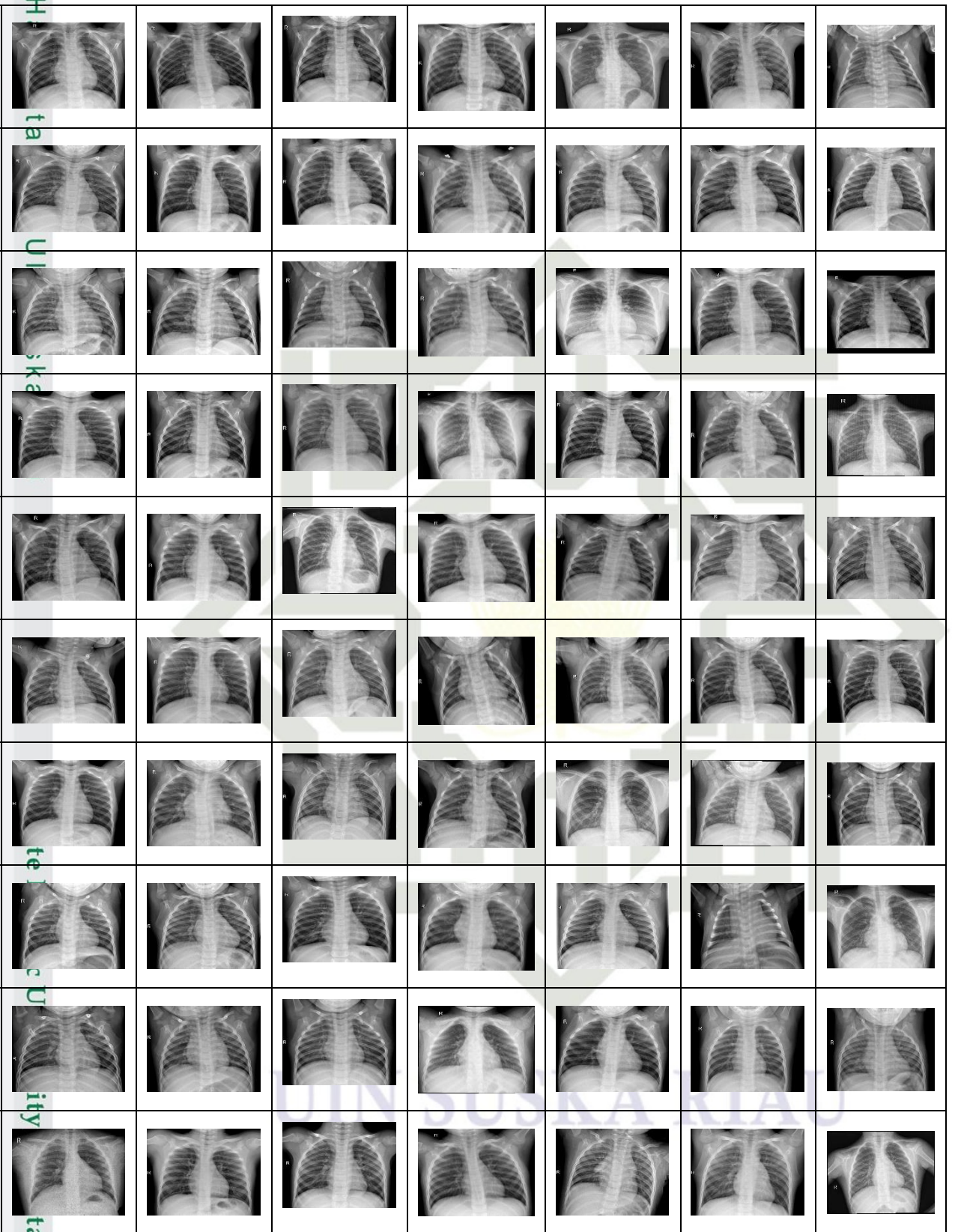
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						

- Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

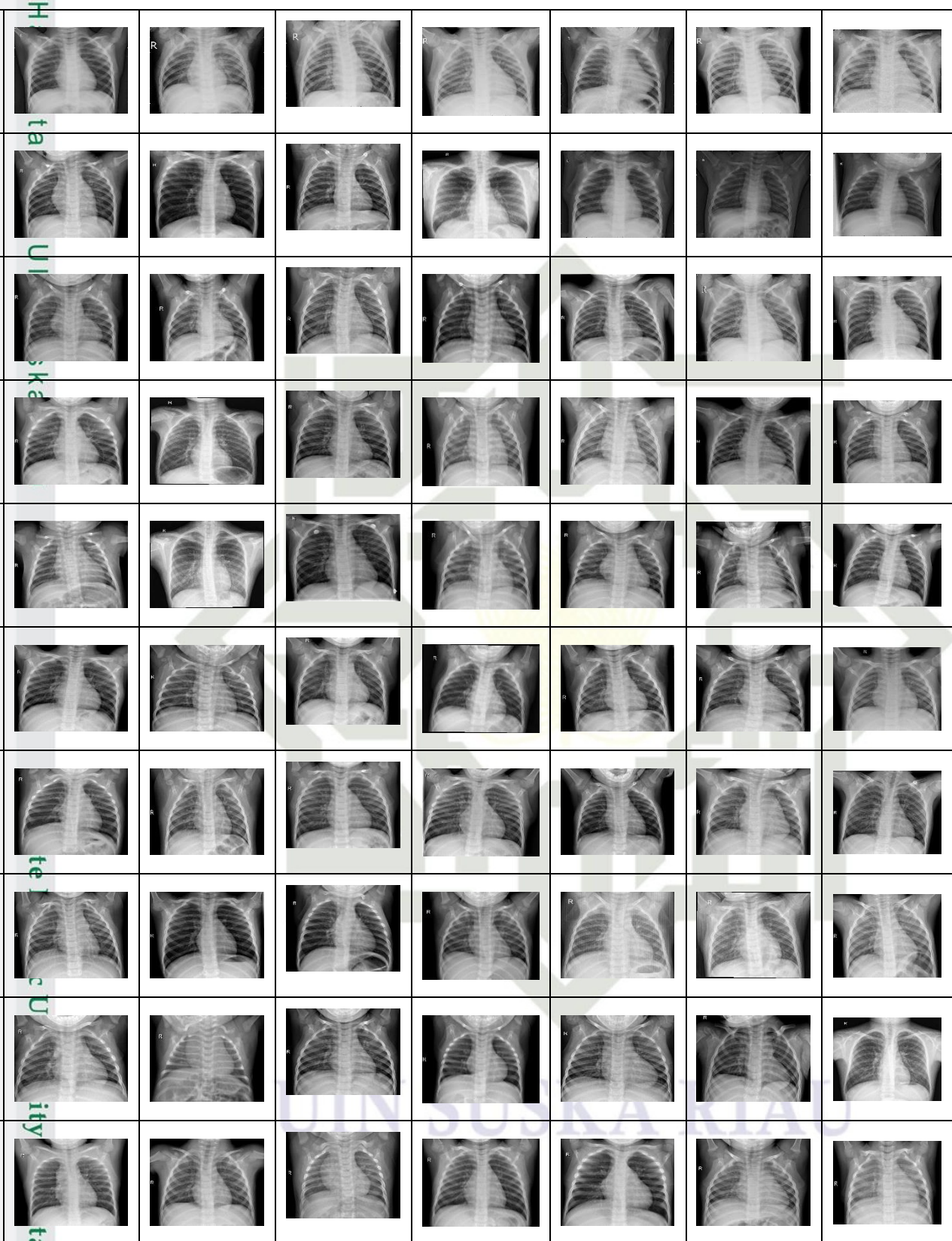




- Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F

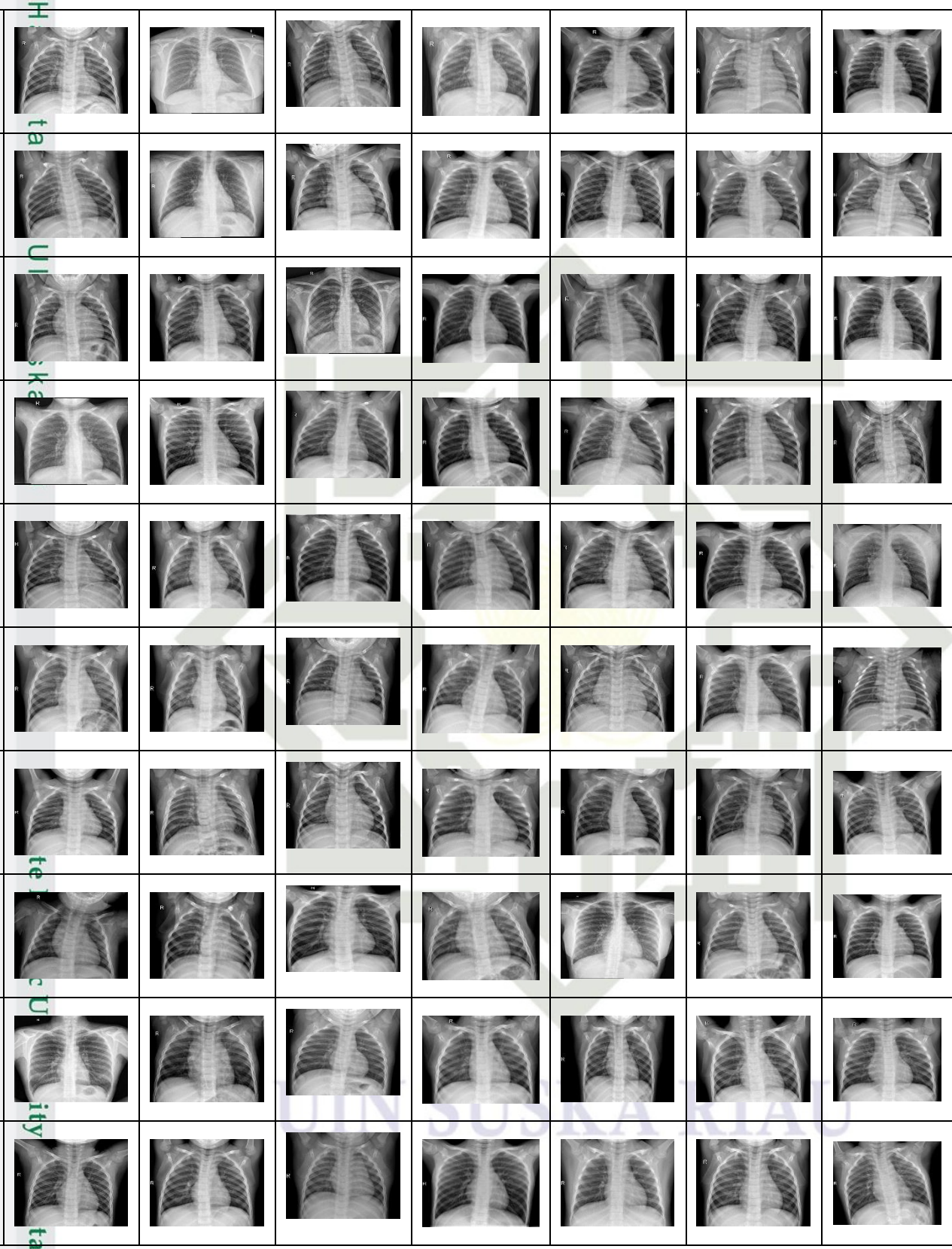
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Sunan Kalijaga Riau.





Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Sunan Kalijaga Riau.







Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





- Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tan Syarif Kasim R





- Hak Cipta © Ha
1. Dia
  - a. P
  - b. P
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak C...  
1. Dik...  
a. F...  
b. F...  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.









Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



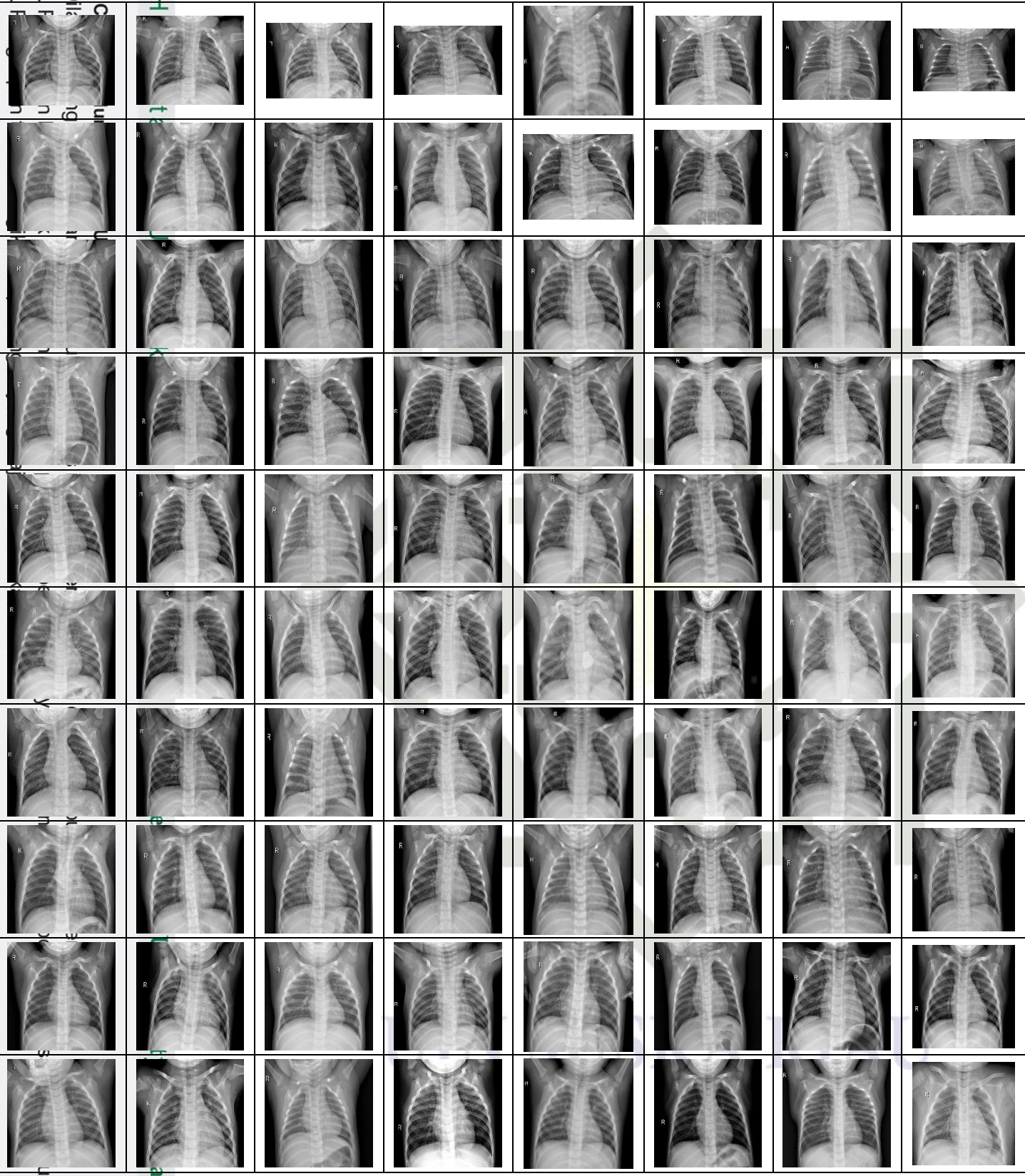
© H

Hak C

1. Di

a. F

b. F



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

an Syarif Kasim R

u tinjauan suatu masalah



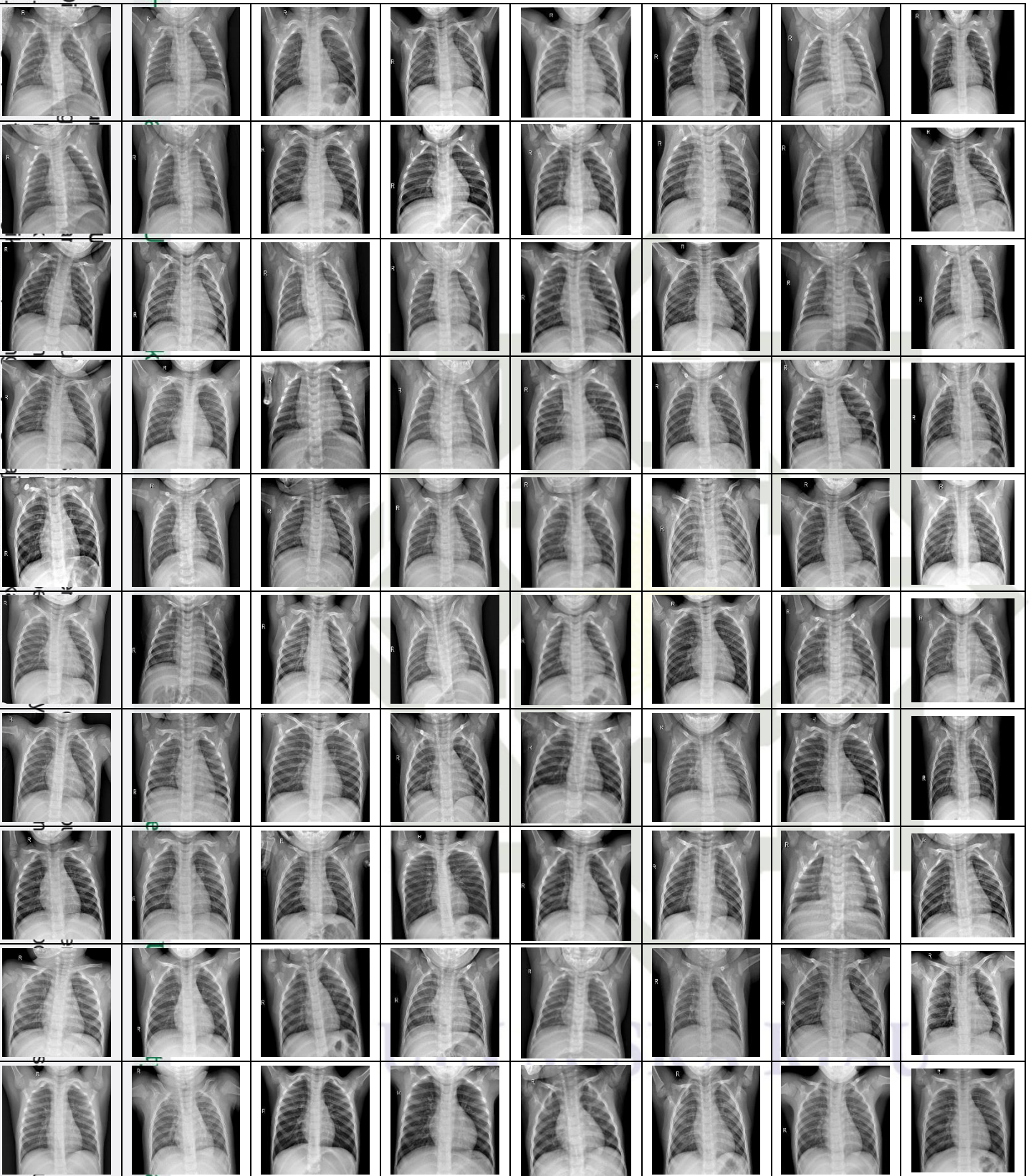


an Syarif Kasim R

u tinjauan suatu masalah

Hak  
1. Di  
a.  
b.  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



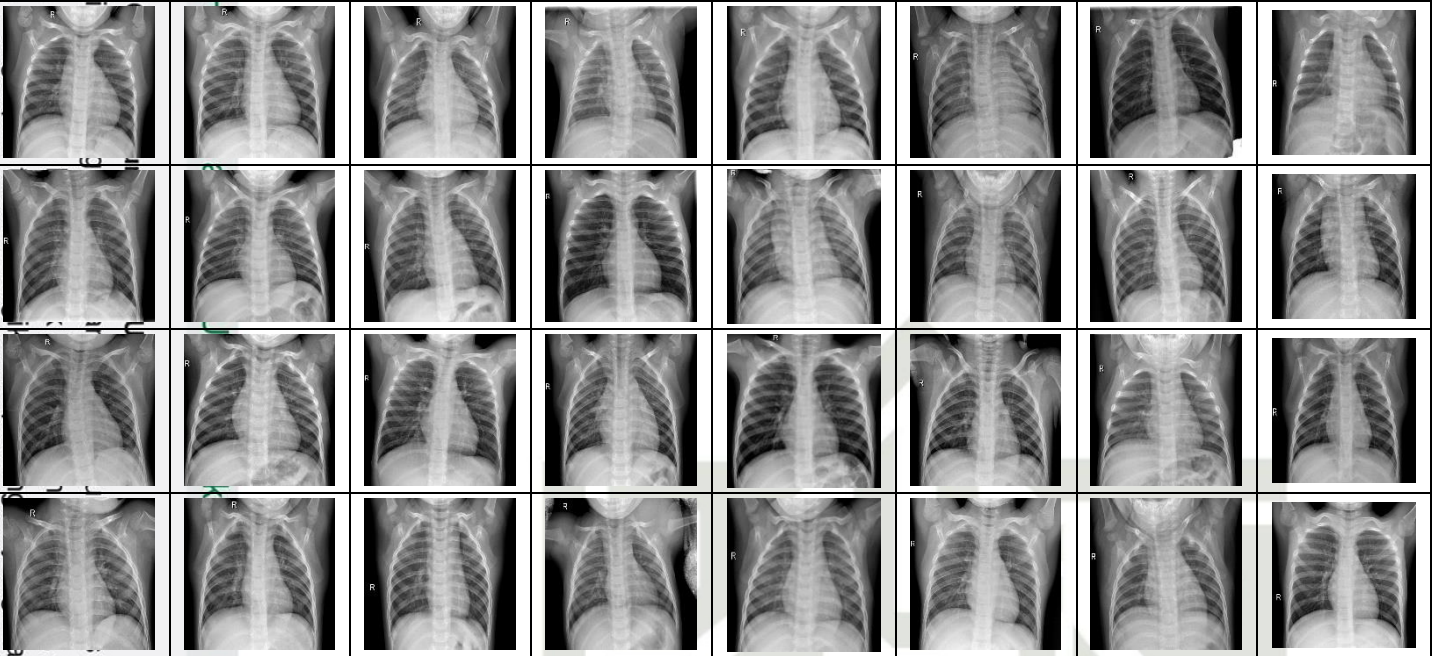


Hak

1. Di

a.

b.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



State Islamic University of Sultan Syarif Kasim R

ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
jika UIN Suska Riau.



## LAMPIRAN B

Berikut adalah data citra COVID-19 Yang telah berhasil melalui proses pre-processing yaitu Histogram Equalitation. Data citra COVID-19 berjumlah 2562 citra terdiri dari 2 kelas seperti uraian pada tabel B.1 dan B.2 berikut:

Tabel B. 1 Data citra COVID-19 HE







- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

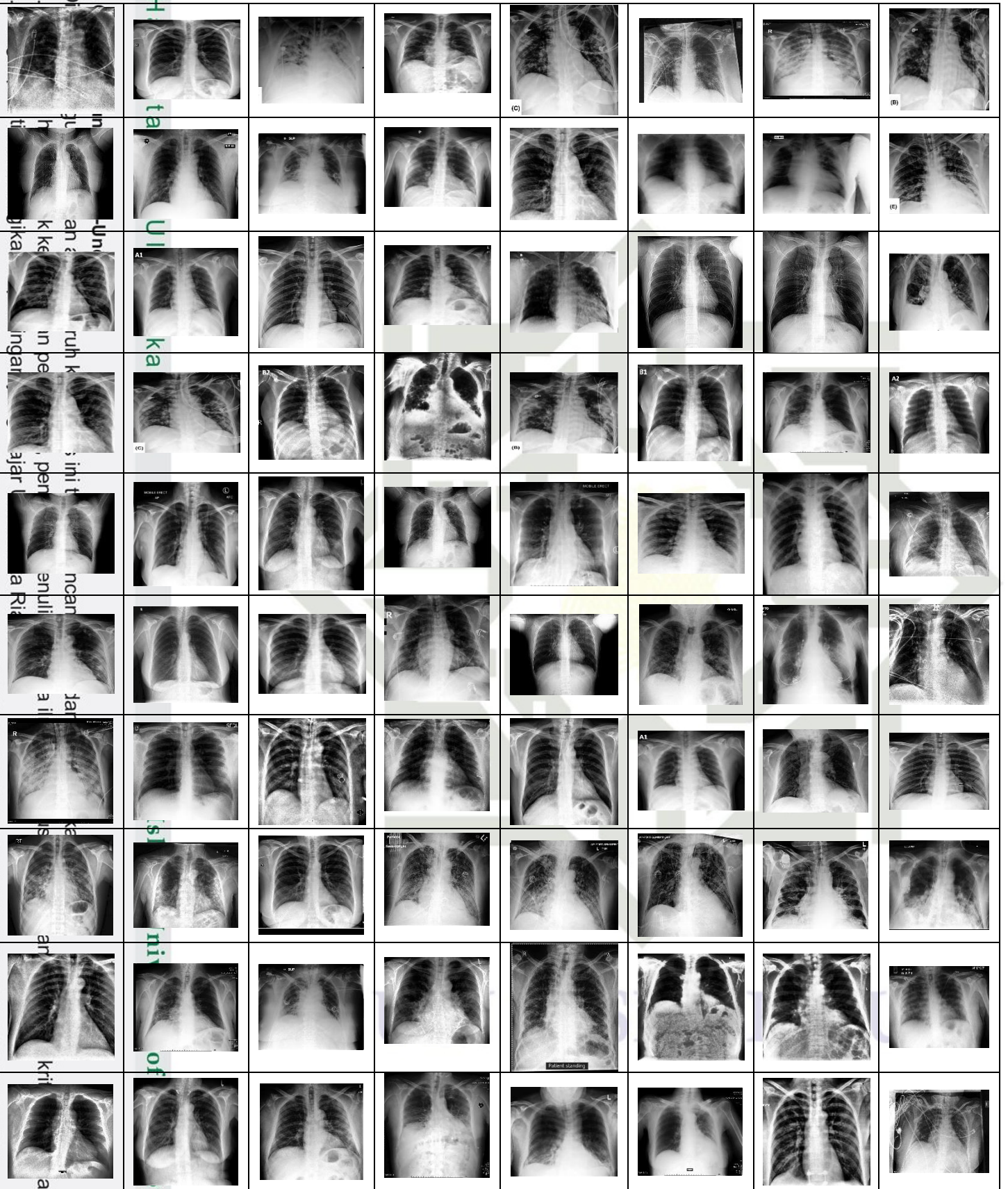


Hak  
1. D  
a.  
b.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







Hak  
1. Di  
a. ju  
b. ti  
in  
an  
ke  
in  
ing  
s  
ini  
pen  
a  
Rid  
jar  
a  
ke  
ar  
kit  
uan  
suatu  
masalah

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© H  
ta  
UI  
ka  
sl  
niv  
of  
arif Kasim R





Hak  
1. Di  
a.  
b.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak C  
1. Di  
a. Di  
b. Di

2. Diarag mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak D  
1. Di  
a.  
b.  
2. Diarag mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta  
1. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
a. P  
b. P





© H

JIN

sl

n

if

Syarif Kasim R

Hak C

1. Dila

a. F

b. F

lungi  
ngutip  
han

.Unde  
an at  
k kep  
jikan

ke  
en  
in

te  
ne  
U

an  
jilis  
Re

jin  
ilir

3

h

i kr

tjauan suatu masalah

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.









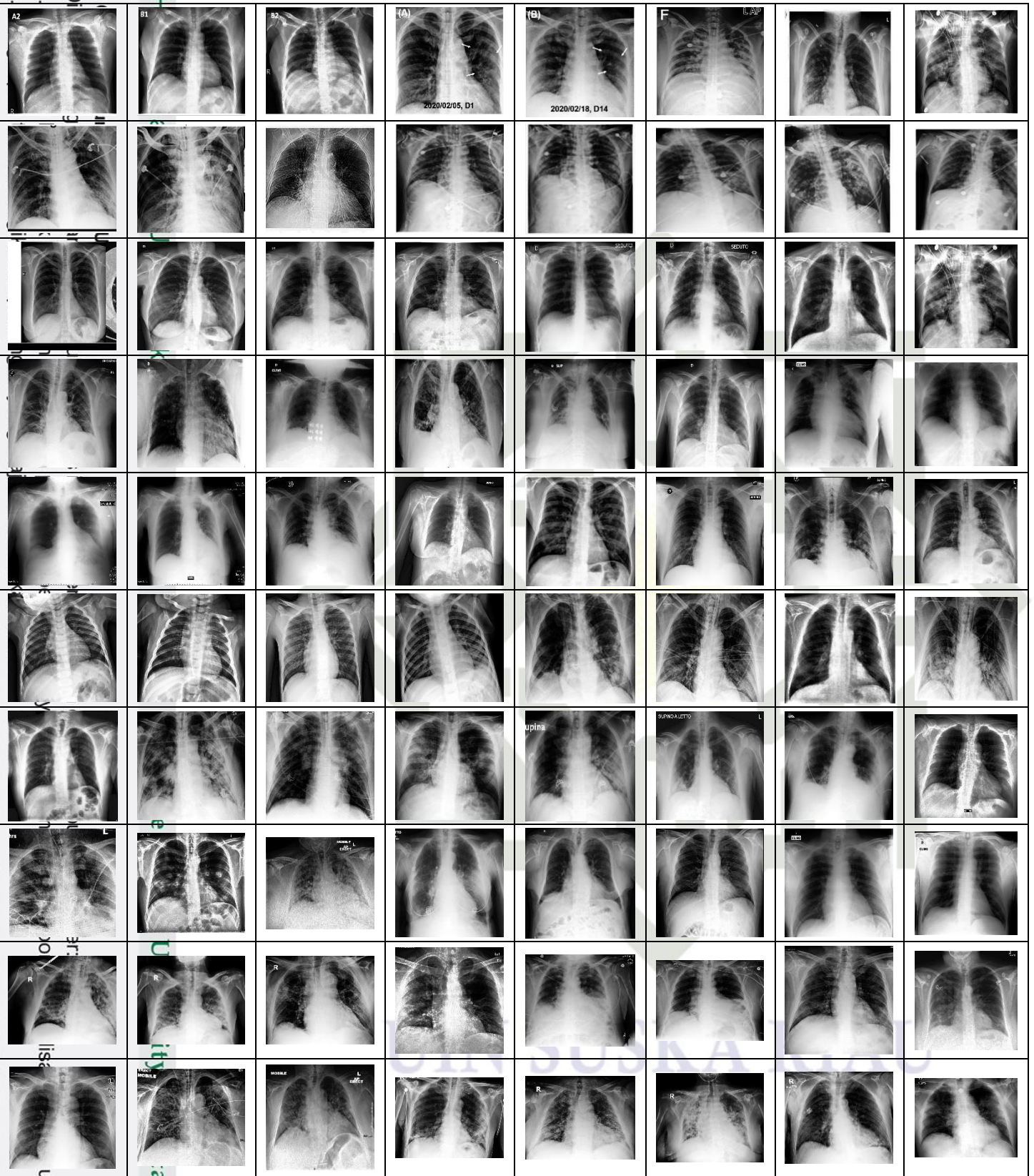


Syarif Kasim R

ajuan suatu masalah

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak  
1. Di  
a.  
b.  
2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

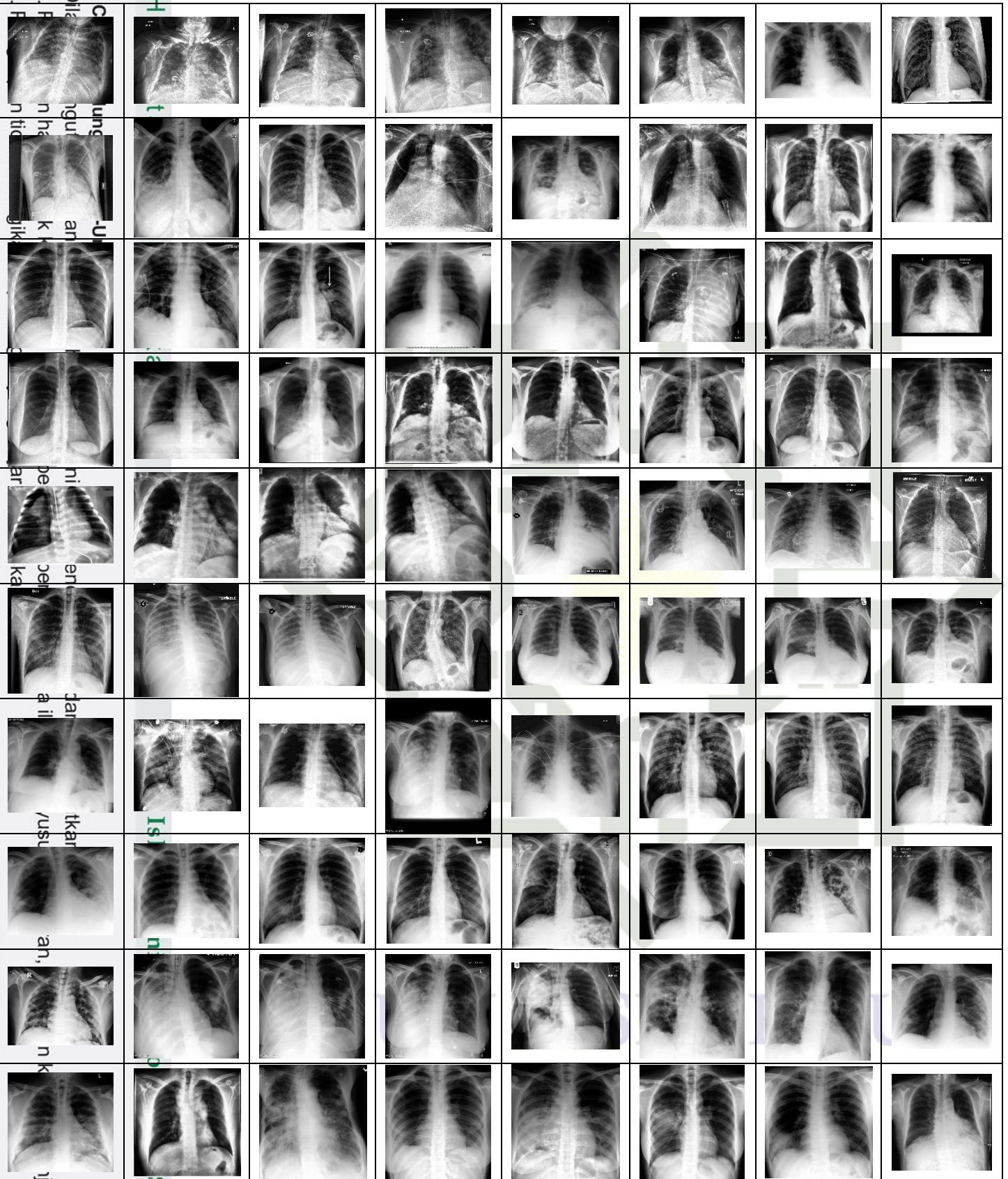




Hak C  
1. Di  
a. F  
b. F

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





© H

Syarif Kasim R

Hak C

1. Dik

a. F

b. F

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ujian suatu masalah



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip atau menjiplak isi karya tulis ini tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.


Tabel B. 2 Data citra Normal HE




- Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Sunan Kalijaga Semarang.

© H  
ta  
U  
ska  
te  
c U  
ity  
tan Syarif Kasim R







Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© H  
ta  
UI  
iska  
te  
c U  
ity  
tan Syarif Kasim R



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© H  
ta  
U  
iska  
R  
te  
c U  
ity  
tan Syarif Kasim R





Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© H  
ta  
U  
ika  
te  
c U  
ity  
tan Syarif Kasim R





Hak C  
1. Dile  
a. F  
b. F


























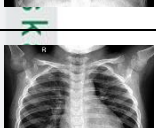
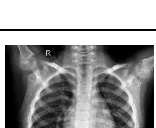




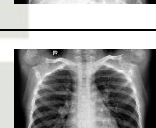









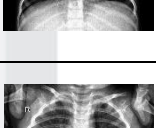









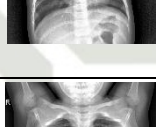





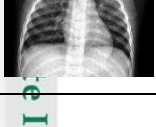






























2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang. 1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
























































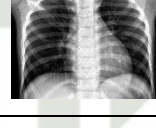




























© H...  
ta...  
UI...  
ska...  
e...  
L...  
ty...  
tan Syarif Kasim R

Hak C...  
1. Dila...  
a. P...  
b. P...  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta  
 1. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Sunan Kalijaga Semarang.  
 a. P...  
 b. P...



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip atau menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







an Syarif Kasim R

tinjauan suatu masalah

Hak  
1. Di  
a.  
b.  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





an Syarif Kasim R

tinjauan suatu masalah

Hak  
1. D  
a.  
b.  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

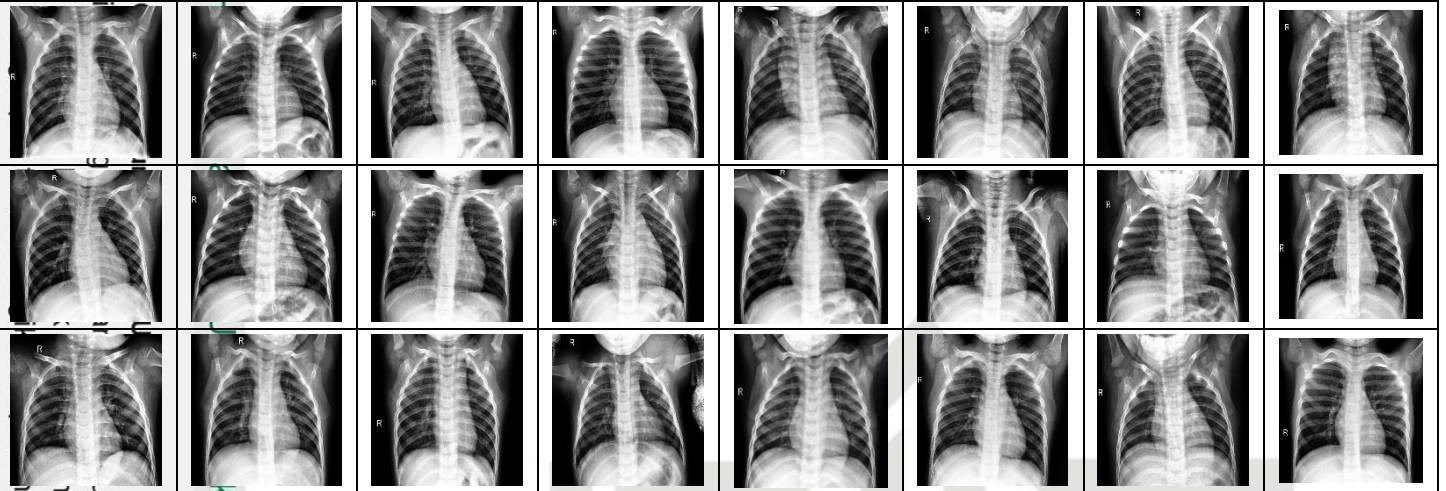




Hak  
1. Di  
a.  
b.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### Informasi Personal

Nama : Dimas Reynaldi Dwi Santoso  
 Tempat/ Tanggal Lahir : Batam , 14 Desember 1997  
 Jenis Kelamin : Laki  
 Agama : Islam  
 Tinggi Badan : 169 cm  
 Kewarganegaraan : Indonesia  
 E-mail : 11651103363@students@students.uinsuska.ac.id

### Informasi Pendidikan

Tahun 2005-2010 : SDN 003 Batu Ampar  
 Tahun 2010-2013 : SMP N 29 Batu Ampar  
 Tahun 2013-2016 : SMK N 1 Batu Aji  
 Tahun 2016-2021 : S1 Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.